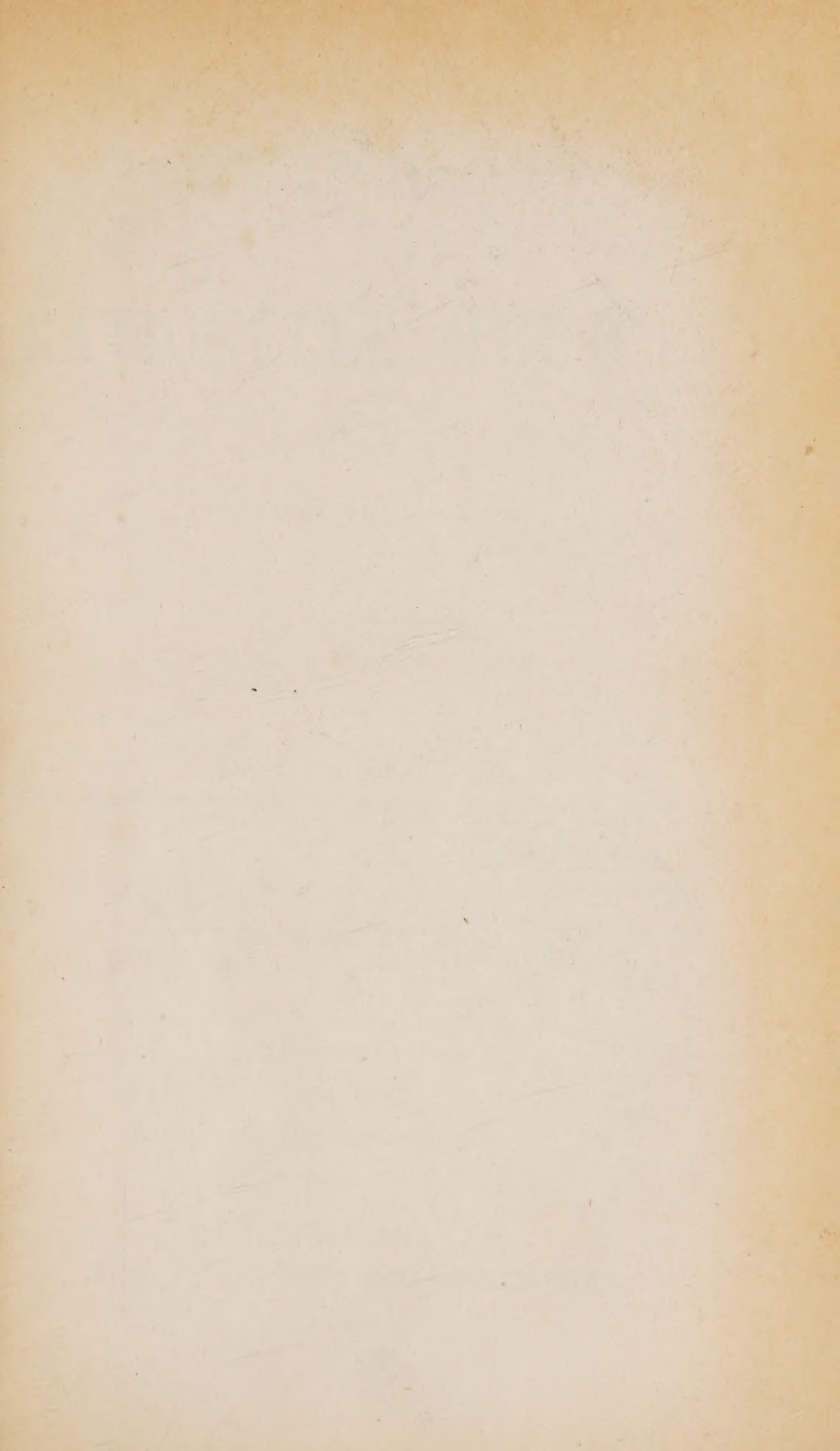



22900184511



ZEITSCHRIFT

FÜR

RATIONELLE MEDICIN.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. J. HENLE,
Professor der Anatomie in Göttingen,

UND

Dr. C. v. PFEUFER,
Königl. Bair. Ober-Medicinalrath und Professor der speciellen Pathologie und Therapie und der medicinischen Klinik in München.

Dritte Reihe. XV. Band.

Mit neun Tafeln.

LEIPZIG & HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1862.

Inhalt des fünfzehnten Bandes.

Erstes und zweites Heft.

Seite

Die angeborenen Synostosen an den Enden der beweglichen Wirbelsäule. Von Dr. *K. Bockshammer* aus Stuttgart. (Hierzu Tafel I.) 1

Ueber das elektrische Verhalten des thätigen Muskels. Von *Georg Meissner* und *Franz Cohn*. (Hierzu Tafel II. u. III.) . . . 27

Ueber die zwei Typen contractilen Gewebes und ihre Vertheilung in die grossen Gruppen des Thierreichs, sowie über die histologische Bedeutung ihrer Formelemente. Von Dr. *August Weismann*. (Hierzu Tafel IV.—VII.) 60

Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. Von Dr. *Wilhelm Wundt*. Sechste Abhandlung. Ueber den psychischen Process der Wahrnehmung 104

Ueber die Bowman'schen Kapseln und die Harnkanälchen in der Rindensubstanz der Niere. Von *A. Meyerstein*, Stud. med. in Göttingen. 180

Bemerkungen über einige histologische Controversen. Von *W. Krause*. 184

Drittes Heft.

Histologische und physiologische Studien. Zweite Reihe. Von *G. Valentin*. 193

Ueber die nach der Durchschneidung des Trigeminus auftretenden Ernährungsstörungen am Auge und anderen Organen. Von Dr. *C. Büttner* in Göttingen. (Hierzu Tafel IX.) 254

Seite

Nachtrag zu der Abhandlung: „Ueber die zwei Typen contractilen Gewebes und ihre Vertheilung in die grossen Gruppen des Thierreichs, sowie über die histologische Bedeutung ihrer Formelemente.“ Von Dr. *Weismann.* (Hierzu Tafel VIII. Fig. XXIV—XXVIII.) 279

Ueber Entozoen im menschlichen Gehirn. Von Dr. *G. Rodust* in Hamburg 283

Vergleichung des Harns aus den beiden gleichzeitig thätigen Nieren. Von *Max Hermann.* 308

Die angeborenen Synostosen an den Enden der beweglichen Wirbelsäule.

Von

Dr. **K. Bockshammer** aus Stuttgart.

(Hierzu Tafel I.)

An beiden Enden der Wirbelsäule des Menschen finden wir einen Skelettheil angefügt, der, besonders wenn wir auf die Entwicklungsgeschichte zurückblicken, füglich als unbeweglicher Theil derselben angesehen werden kann, so dass wir also an den Enden der beweglichen Wirbelsäule zwei unbewegliche Theile unterscheiden können, den Hirnschädel einerseits, das Kreuzbein andererseits.

Fassen wir nun diese beiden Enden näher in's Auge, so finden wir, dass hier unter normalen Verhältnissen eine ganz bestimmte Zahl von Wirbeln unter sich verschmilzt, eine bestimmte Anzahl dagegen frei bleibt und die bewegliche Wirbelsäule darstellt.

An dem Kreuzbein ist die Verschmelzung, das Hervorgehen aus Wirbeln, auch am Erwachsenen noch mehr oder weniger deutlich ausgesprochen, während am Hirnschädel eine wirbelähnliche Bildung fast vollständig verloren gegangen ist. Während sich aber normalmässig eine knöcherne Vereinigung nur zwischen einer bestimmten Zahl von Wirbeln und in bestimmter Weise findet, kommt es nicht selten vor, dass auf beiden Seiten der Wirbelsäule noch weitere Theile hieran sich betheiligen, was gewissermaassen ein Streben der Natur ausdrücken dürfte, noch weitere unter normalen Verhältnissen freie Theile in die unbeweglichen Enden hereinzuziehen.

Dieses finden wir besonders häufig an dem unteren Ende der Columna vertebralis ausgesprochen, woraus die schon mehrfach beschriebene Assimilation des letzten Lendenwirbels an das Kreuzbein hervorgeht. Auch zwischen den einzelnen Steissbeinwirbeln und zwischen diesen und dem Kreuzbein kommen gar nicht selten Synostosen vor, die aber in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt werden sollen.

Betrachten wir das obere Ende der Wirbelsäule, so finden wir auch hier analoge Bildungsvorgänge; Formationen, auf die bisher noch wenig geachtet worden ist und die nicht bloss desshalb von grossem Interesse sein dürften, weil sie ein sprechendes Analogon zu der Lendenwirbel-Kreuzbein-Verschmelzung abgeben, sondern auch darum, weil sie in den meisten Fällen so bedeutende und eigenthümliche Funktionsstörungen mit sich führen müssen, wie sie sich bei der andern Anomalie kaum je finden werden.

I.

Assimilation des letzten Lendenwirbels an das Kreuzbein.

Die sogenannte Assimilation des letzten Lendenwirbels an das Kreuzbein besteht im Allgemeinen in einem Massigerwerden des Querfortsatzes des Lendenwirbels, der dadurch eine der Pars lateralis der Kreuzbeinwirbel mehr oder weniger ähnliche, flügelartige Bildung annimmt, und in der dadurch ermöglichten, in verschiedenem Grade zu Stande gekommenen Verschmelzung der Seitenpartien dieser beiden Knochen. Der Körper und die Processus articulares des Lendenwirbels bleiben gewöhnlich mit den entsprechenden Theilen des Kreuzbeins in normaler Beziehung.

Diese Assimilation scheint eben so oft einseitig als doppelseitig vorzukommen, überhaupt finden sich alle möglichen Verhältnisse. Sie scheint besonders auch häufig in Fällen aufzutreten, wo das Kreuzbein nur aus vier Wirbeln componirt ist.

In solchen Fällen nun freilich, in denen man Fehlen eines Sakralwirbels und Ueberzahl eines Lendenwirbels neben einander, also Verschmelzung des 6ten Lendenwirbels mit dem aus vier Wirbeln bestehenden Kreuzbein annehmen muss, bleibt die Frage offen, ob man nicht lieber annehmen will, der oberste Kreuzbeinwirbel sei nicht vollständig mit den

folgenden vereinigt, es handle sich also nicht um eine abnorme Verschmelzung des letzten Lendenwirbels mit dem ersten Kreuzbeinwirbel, sondern im Gegentheil um ein abnormes Getrenntsein des ersten und zweiten Sakralwirbels. — So wird von Dr. Hohl in seinem Aufsatz „zur Pathologie des Beckens“ der fragliche Wirbel sogar in allen Fällen für einen entarteten Kreuzwirbel erklärt. In den von mir untersuchten Fällen dürfte übrigens die erste Annahme die richtigere sein, wegen des Verhaltens des Wirbels zu den übrigen Kreuzbeinwirbeln, indem er im Vergleich zu denselben bedeutend zurücktritt und den Beginn des Bogens der beweglichen Wirbelsäule darstellt; ferner wegen des Verhaltens zu dem Becken, indem zur Herstellung der Facies auricularis in den mir vorliegenden Fällen von dem in Frage stehenden Wirbel nichts beigetragen wird, dieser also im Verhältniss zum Becken höher steht, als es einem Kreuzwirbel zukäme; man somit nach der zweiten Annahme das Promontorium zwischen 1ten und 2ten Sakralwirbel verlegen müsste. Dr. Dürr macht darauf aufmerksam*), dass der Zwischenwirbel, wie er den bezüglichen Wirbel nennt, gegen die Ebene des ersten folgenden Wirbels zurückweiche und so ein zweites Promontorium bilde. Den ersten Theil dieses Satzes finde ich nun allerdings in den von mir beobachteten Fällen vollständig bestätigt, dagegen glaube ich mich gegen den zweiten aussprechen zu müssen, indem an der normalen Stelle ein vollkommenes Promontorium gebildet wird, der anomale Wirbel dagegen mit seinem oberen Ende nicht oder kaum mehr vorspringt, als in der Norm der letzte Lendenwirbel, man also beinahe eben so gut unter normalen Verhältnissen zwischen 4ten und 5ten Lendenwirbel ein zweites Promontorium verlegen könnte, was gewiss Niemand vorschlagen wird.

Einen weiteren Grund endlich, diesen anomalen Wirbel nicht für einen Kreuzwirbel erklären zu können, finde ich in dem Erhaltensein der Articulationen zwischen den Processus articulares des besprochenen Wirbels und des ersten Kreuzbeinwirbels, während in Fällen, in denen die Sonderung des Kreuzbeins in seine zusammensetzenden Wirbel noch sehr deutlich und also durchaus noch keine vollständige Verschmelzung eingetreten ist, doch zwischen den Kreuzwirbeln die Verbindungen der Processus articulares nur noch spurweise sich nachweisen lassen, von Gelenken aber gar nichts mehr zu sehen ist.

*) Diese Zeitschr. 3. Reihe. 8. Band, p. 185.

Ich gebe also gerne zu, dass diese fraglichen Wirbel der äussern Form nach als Zwischenwirbel oder Lumbosakralwirbel bezeichnet werden können, wie Dr. Dürr vorschlägt, weil sie einerseits Kreuzwirbeln, andererseits Lendenwirbeln gleichen, glaube sie aber ihrem eigentlichen Wesen nach unbedingt für Lendenwirbel erklären zu müssen.

Diese Verschmelzung zwischen letztem Lendenwirbel und Kreuzbein findet sich in den verschiedensten Graden und Formen, also 1) wie schon angeführt, entweder einseitig oder doppelseitig, 2) von dem Grade an, dass sich die abnorm entwickelten Processus transversi des letzten Lendenwirbels an die Partes laterales des Kreuzbeins einfach anlegen (Fälle, welche im strengen Sinne des Worts nicht zu den hier zu beschreibenden Assimilationen zu stellen wären, aber andererseits gerade für das Wesen der Anomalie sehr instructiv erscheinen), bis zu dem Grade, wo sie beiderseits vollständig knöchern mit ihnen verschmolzen sind und die Verschmelzung noch über den Bereich der Querfortsätze hinausreicht.

Es liegen mir durch die Güte meines verehrten Lehrers Prof. Dr. H. Luschka aus der Tübinger anatomischen Sammlung Beispiele von diesen verschiedenen Graden und Formen vor.

1) Bei dem leichtesten Grade, bei dem also noch keine Verschmelzung eingetreten ist, sondern sich nur ein Anlegen der Processus transversi an die Partes laterales des Kreuzbeins findet, fällt bei der Betrachtung von vorn zunächst auf die Länge der Querfortsätze; sie reichen fast so weit lateralwärts als die Seitentheile des Kreuzbeins; sodann ihre veränderte Richtung, indem sie statt der gewöhnlichen queren, oder schräg nach aufwärts gekehrten Richtung schief gegen das obere Ende der Partes laterales ossis sacri herabziehen; auch eine vermehrte Höhe ist bei der Betrachtung von vorn ersichtlich.

Durch eine übrigens seichte Furche lässt sich nach oben zu eine Partie der breiten Querfortsatzmasse als dem normalen Processus transversus etwa entsprechend abgrenzen.

Von oben gesehen, erkennt man den Durchmesser der genannten Fortsätze des untersten Lendenwirbels von vorn nach hinten sehr bedeutend vermehrt, so dass eine der oberen Fläche der Seitentheile des Kreuzbeins ähnliche Bildung resultirt.

Von hinten gesehen, springt wieder besonders die bedeutend vermehrte Massenzunahme der Processus transversi in die Augen, die vermehrte Länge, die veränderte Richtung wie vorne.

Der Lendenwirbel zeigt, abgesehen von den Querfortsätzen, vollständig normal die Qualitäten eines solchen in Beziehung auf Körper, Dornfortsatz und Gelenkfortsätze. Der Dornfortsatz ist etwas nach rechts abgewichen, nach der Seite hin, auf welcher die übrigens der andern Seite ganz entsprechende abnorme Knochenmasse etwas grösser ist.

Die Processus articulares verhalten sich hier und überhaupt bei allen von mir beobachteten Assimilationen normal, so dass sogar zwischen solchen Wirbeln, die in ihren Seitentheilen vollständig knöchern verschmolzen, die Gelenke zwischen den Processus articulares erhalten sind.

Endlich werden durch die Annäherung der genannten Theile des untersten Lendenwirbels und des Kreuzbeins den Foramina sacralia anteriora und posteriora entsprechende Bildungen veranlasst.

An dem mir zu dieser Schilderung vorliegenden Präparate finden sich, obgleich das Kreuzbein nur aus vier Wirbeln componirt ist, doch vier Foramina sacralia anteriora jederseits, während hinten oben, bei dem Freisein der Processus articulares und dem Erhaltensein der Articulationen, nur durch die vergrösserten nach abwärts gerichteten Processus eine grössere, etwa kartenherzförmige, Oeffnung jederseits begrenzt wird, die den normalen Foramina sacralia posteriora jedoch nicht ähnlich erscheint.

Als Beispiele von höheren Graden der beschriebenen Anomalie liegen mir zwei Präparate vor von einseitiger Synostose der Processus transversi des letzten Lendenwirbels und der Pars lateralis des Kreuzbeins, während auf der andern Seite ein einfaches Anlegen des vergrösserten Querfortsatzes an das Kreuzbein ohne Synostosis Statt hat.

2) An dem einen Präparate finden sich sechs Lendenwirbel und das Kreuzbein ist aus den gewöhnlichen fünf Wirbeln zusammengesetzt.

Während die fünf oberen Lendenwirbel im Allgemeinen normale, nur etwas plumpe Formen und mehr als in der Norm differirende Höhendurchmesser zeigen, ist der sechste Lendenwirbel auffallend breit, indem er sich rechts fast in der ganzen Höhe seines Körpers in eine laterale Knochenmasse fortsetzt, von der sich nach oben und aussen ein kurzer Knochenvorsprung als Andeutung des gewöhnlichen Querfortsatzes abscheidet, während die Hauptmasse gegen die Pars lateralis dextra des Kreuzbeins herabzieht, um sich der ganzen oberen Fläche desselben entsprechend zu assimiliren.

Von der Seite gesehen findet man, dass die abnorme Knochenpartie bis zu der Facies auricularis herabzieht, zu deren Bildung aber durchaus nichts beiträgt.

Hinten sieht man die Trennung der seitlichen Knochenmasse in den abnorm dicken Processus transversus und die zum Kreuzbein tretende Partie deutlicher ausgesprochen als vorn.

Auch das Kreuzbein trägt seinerseits zur innigen Berührung bei durch ein gewissermaassen Entgegengewachsensein gegen den abnormen Seitentheil des Lendenwirbels.

Der Processus articularis inferior der sechsten Vertebra abdominalis legt sich beiderseits in normaler Weise gegen den Processus articularis des Kreuzbeins an, ohne irgendwie mit demselben verwachsen zu sein.

Auf der linken Seite finden sich ähnliche Verhältnisse, wie in dem letzt beschriebenen Falle, aber noch in einem leichteren Grade, indem die Gestalt des Querfortsatzes fast vollständig erhalten ist und nur durch eine plumpere Bildung und etwas nach abwärts veränderte Richtung ein Anliegen an die Pars lateralis sinistra des Kreuzbeins bedingt wird.

Der Dornfortsatz dieses sechsten Lendenwirbels ist zwar vorhanden, aber in etwas verkümmerter Weise, überdiess ist er ein wenig nach rechts verschoben, weil der ganze Bogen des Wirbels wie durch eine Anziehung gegen die rechte massigere Seite desselben nach rechts gewendet und links mehr abgeflacht erscheint in der Weise, dass die linke Bogenhälfte 11 Millimeter länger wird, als die rechte; jene ist 3,5, diese 2,4 Centimeter lang.

Was die Foramina sacralia betrifft, so finden wir vorne links die vier normalen Foramina anteriora; oben durch das Anliegen des Processus transversus gegen die Pars lateralis eine ovale einem Foramen sacrale nicht mehr ähnliche Oeffnug.

Rechts kommen fünf vollständig ausgebildete Foramina anteriora vor. An der äusseren Seite des ersten abnormen Loches ist an der Stelle des Zusammentritts der dasselbe bildenden Knochen ein stachelartiger Vorsprung, gleichsam durch Ueberschuss von Knochenmasse an dieser Stelle entstanden. Hinten finden sich ähnliche Verhältnisse wie vorn, rechts also auch fünf Foramina sacralia posteriora.

Was noch die Stellung des letzten Lendenwirbels zum Kreuzbein im Ganzen betrifft, so wird durch sie ein vollkommen normales Promontorium gebildet, während von einem solchen zwischen dem fünften und sechsten Lendenwirbel nichts zu sehen ist.

3) Ganz ähnliche Verhältnisse zeigt ein zweites mir vorliegendes Präparat: einseitige Assimilation des Querfortsatzes des letzten Lendenwirbels und des Kreuzbeins, auf der andern Seite mehr ein Anliegen des Querfortsatzes gegen den Seitentheil des Kreuzbeins ohne Verschmelzung. Es finden sich an der betreffenden Wirbelsäule sechs Lendenwirbel, das Kreuzbein besteht aus vier in den Seitenpartieen besonders sehr vollständig verschmolzenen Wirbeln.

Die Assimilation findet sich auf der linken Seite und ist so vollständig, dass vorne eine scharfe Grenze zwischen der von dem letzten Lendenwirbel ausgehenden Knochenmasse und der damit verschmolzenen lateralen Partie des Kreuzbeins kaum besteht. Die obere Fläche der Pars lateralis des Kreuzbeins geht fast allmählig in die dem Lendenwirbel angehörige Knochenpartie über, so dass also von dieser eigentlich links ein Theil der oberen Fläche der Seitenregion des Kreuzbeins mitgebildet wird. Weiter nach oben ist durch eine innen seichte, dann tiefer werdende Furche ein Theil als Processus transversus im engeren Sinne abgegrenzt.

Hinten ist die Verschmelzung eine weit weniger innige. Auch hier erscheint der Dornfortsatz etwas nach der verwachsenen Seite hin abgewichen.

Auf der anderen, der rechten Seite sind die Verhältnisse, ist insbesondere das Kreuzbein völlig normal, nur der wenig verlängerte Lendenwirbelquerfortsatz nähert sich durch etwas nach abwärts gehende Richtung demselben fast zur Berührung.

Das Kreuzbein tritt uns so rechts besonders in Beziehung auf die Stellung zum Darmbein normal entgegen, ist dagegen links mit seiner oberen Fläche durch das Aufliegen der abnormen Lendenwirbelknochenmasse wie nach oben gedrängt. Zieht man aber diese aufliegende Masse ab, indem man sich Linien der rechten normalen Seite entsprechend gezogen denkt, so findet man auch links das Os sacrum in völlig normalen Beziehungen zum Darmbein, indem zur Verbindung mit diesem durchaus nichts von dem Lendenwirbel beigetragen wird.

Foramina sind vorne rechts vier, obgleich das Kreuzbein nur aus vier Wirbeln zusammengesetzt ist, da sich ein dem dritten Wirbel allein angehöriges Foramen sacrale findet, neben den drei je zwischen zwei Wirbeln in normaler Weise befindlichen Löchern. Auf diese Weise bietet dieses nur aus vier Wirbeln bestehende Kreuzbein doch die genügende Anzahl von Oeffnungen für den Austritt der Nerven dar.

Links finden sich fünf Foramina, vier in derselben Weise wie rechts; eines wird durch die Verschmelzung des Lendenwirbels mit dem Kreuzbein gebildet, ganz auf dieselbe Art, wie die normalen durch die Verschmelzung der Kreuzbeinwirbel.

Eine Synostosis sacroiliaca ist nicht vorhanden.

Die Gründe, warum ich diesen einerseits mit dem Kreuzbein verschmolzenen Wirbel für einen Lendenwirbel und nicht für einen auf einer Seite frei gebliebenen Kreuzwirbel erklären zu müssen glaube, habe ich schon oben im Allgemeinen auseinandergesetzt. Hier kommt noch die auf einer Seite vollkommen normale Configuration des Kreuzbeins hinzu, während auf der Seite der Assimilation eine abnorme Bildung und Stellung in Beziehung zum Darmbein eben nur durch die aufliegende Knochenmasse veranlasst wird, und man nach Abzug von dieser auch hier normale Verhältnisse vor sich hat.

Durch den Zusammentritt des Kreuzbeins mit diesem letzten Lendenwirbel wird an normaler Stelle ein normales Promontorium gebildet, während von Bildung eines zweiten Promontoriums zwischen letztem und vorletztem Lendenwirbel nichts zu bemerken ist.

4) Es wäre nun noch ein Beispiel des höchsten Grades der Assimilation zu beschreiben übrig, einer beiderseitigen knöchernen Verschmelzung. Das Kreuzbein besteht aus den gewöhnlichen fünf in normaler Weise verschmolzenen Wirbeln. Auf demselben sitzt der letzte in seiner mittleren Partie ganz normal gebildete Lendenwirbel in normaler Stellung auf, so dass dadurch ein vollkommen schön gebildetes Promontorium hergestellt wird.

Von vorn gesehen, findet man, dass sich der Körper des Lendenwirbels in seinen oberen zwei Drittheilen in eine nach aussen zu verlaufende und breiter werdende Knochenmasse fortsetzt, die sich durch eine in derselben Richtung ziehende, innen sehr seichte, dann tiefer und breiter werdende Furche in eine obere und untere Partie scheidet. Die obere stellt ein Analogon des normalen Querfortsatzes dar, die untere wird nach aussen zu immer breiter und massiger, um mit der obern Fläche der Pars lateralis des Kreuzbeins zuerst ein oberstes Foramen sacrale zu begrenzen und sodann knöchern zu verschmelzen, so dass auf der rechten Seite besonders kaum mehr eine scharfe Grenze zu ziehen ist, während links noch eine Trennungsspur in Form einer knöchernen die Verbindungsstelle umziehenden Leiste sich findet. Auf der linken

Seite ist die gesammte laterale Knochenmasse breiter und massiger als rechts, die Breite beträgt links 3,7, rechts 3,2 Centimeter. Bei der Betrachtung von der Seite findet man beiderseits eine völlige Verschmelzung, so jedoch, dass von der dem Lendenwirbel angehörigen Knochenmasse nichts zur Bildung der Facies auricularis beigetragen wird.

Von hinten sieht man die dem eigentlichen Querfortsatze angehörige obere Partie der lateralen Knochenmasse deutlicher von der unteren abgeschieden, welche von dem äusseren unteren Ende gegen das Kreuzbein herabzieht und aussen vollkommen mit demselben verschmilzt, während man weiter innen, besonders rechts noch eine Strecke weit, nachdem sich der Wirbelfortsatz an das Kreuzbein schon angelegt hat, eine Furche findet, in der die Verschmelzung nicht eingetreten ist.

Auch der Wirbelkörper ist nach hinten zu mit dem Kreuzbein knöchern vereinigt, während dieser in den bisher beschriebenen Fällen stets von der Verwachsung verschont blieb; dagegen sind die Gelenkfortsätze des Wirbels und des Kreuzbeins auch in diesem Falle durchaus frei. Der Dornfortsatz ist vollkommen gut entwickelt und nicht nach einer Seite hin abgelenkt, wie dies bei den einseitigen Assimilationen beschrieben wurde.

Wie schon oben angeführt, wird beiderseits ein vollkommen gut entwickeltes fünftes Foramen sacrale anticum durch die Assimilation herbeigeführt, während hinten zwar auch eine, den übrigen Kreuzbeinlöchern aber weniger entsprechende, dreieckige Lücke begrenzt wird.

II.

Assimilation des Atlas an das Hinterhauptsbein.

Betrachten wir das entgegengesetzte obere Ende der beweglichen Wirbelsäule, so finden wir hier eine der beschriebenen Anomalie sehr analoge Bildung, eine Assimilation des Atlas an das Hinterhauptsbein.

In den hierher gehörigen Fällen von Synostose, die nicht durch Entzündung entstanden, ist dieselbe stets mit einer eigenthümlichen defektiven Bildung des Atlas verbunden. Eine solche ganz analoge mangelhafte Entwicklung dieses Wirbels nun, wie sie in den Fällen von Assimi-

lation sich findet, wird auch ohne eine solche am freien Atlas gefunden.

Ein mir vorliegender oberster Halswirbel zeigt einen vollständigen Mangel der linken Hälfte des hinteren Bogens, so dass also aus dem hintern Umfange der linken Massa lateralis nur die hintere Spange des Querfortsatzes hervorgeht. Ausserdem findet sich rechts eine mangelhafte Bildung der vorderen Spange des Querfortsatzes, wodurch das rechte Foramen transversarium nach vorn und aussen zu offen erscheint. Im Uebrigen ist der Atlas wohlgebildet.

Eine dieser Formation ganz ähnliche defektive Gestaltung zeigt der Atlas in den nachher zu beschreibenden Fällen der Assimilation, nur dass hier die mehr oder weniger rudimentäre oder fehlende Hälfte des hinteren Bogens als dem Hinterhauptsbeine assimilirt anzusehen und nachweisbar ist.

Von dieser merkwürdigen Bildungsanomalie sind erst sehr wenige Fälle in der Literatur bekannt geworden. Die älteste Beobachtung findet sich bei Johannes Baptista Morgagni, de sedibus et causis morborum, Epist. LXIX., 8; diese ist besonders dadurch so merkwürdig, dass sie die einzige ist, bei der die anatomischen Veränderungen der umliegendenden Weichtheile und die Funktionsstörungen während des Lebens aufgeführt sind, während in den sonst beobachteten und den mir zugänglichen Fällen hierüber keine Notizen gesammelt werden konnten, weil die Anomalie erst am macerirten Knochen bemerkt wurde.

Hieraus darf nun freilich in keiner Weise geschlossen werden, dass diese Veränderungen keine Funktionsstörungen während des Lebens gemacht haben, wie Dr. Lambl meint; es wäre diess im Gegentheil mit den anatomischen und physiologischen Verhältnissen unvereinbar, sondern es ist dies einfach daraus zu erklären, dass nicht darauf geachtet wurde; dass man an der Leiche, wie sie auf die Anatomie kommt, allerdings keine bezüglichen Funktionsstörungen bemerken kann und bei den gewöhnlichen Sektionen, ehe besonders darauf aufmerksam gemacht wurde, dass etwaige Funktionsstörungen während des Lebens durch eine solche Bildung veranlasst sein konnten, diese Abnormität wohl fast immer übersehen musste.

Auf die äusserst interessante Mittheilung Morgagni's werde ich später noch einmal zurückkommen.

In Lambl's Reisebericht sind mehrere Fälle von Ankylose des Atlas mit dem Hinterhauptsbeine aufgeführt. Bei der nur kurzen Darstellung derselben möchte ich mich nicht

bestimmt darüber aussprechen, wie viele derselben zu den hier allein in Betracht kommenden, ohne Entzündung entstandenen, ursprünglichen Missbildungen gehören, doch glaube ich sechs derselben hierher zählen zu sollen, von denen Einer eine Ankylose zwischen dem Os occipitis und dem ersten Halswirbel und zwischen diesem und dem Epistropheus betrifft.

Bei Gurlt*) finden sich mehrere Fälle von Ankylose des Atlas mit dem Hinterhauptsbeine, über welche der Autor zwar die Vermuthung ausspricht, die Ankylose sei höchst wahrscheinlich durch eine Gelenkentzündung entstanden; bei einigen derselben möchte ich aber die Richtigkeit dieser Vermuthung bezweifeln, weil einmal keine Spur einer vorausgegangenen Entzündung da ist, oder wenigstens nichts davon berichtet wird und dann weil dieselben mit den von mir beobachteten Fällen eine so ausserordentliche Uebereinstimmung zeigen, besonders in Beziehung auf die defektive Bildung des hinteren Atlasbogens, wie sie schon allein gegen eine durch Entzündung hervorgerufene und für eine angeborene Bildungsanomalie spricht.

Schwegel**) sagt, die knöchernen Verschmelzungen zwischen Hinterhauptsbein und Atlas einerseits, diesem und dem Epistropheus andererseits seien gar nicht selten; geht aber dann in wenigen Linien über die Sache hinweg.

Eine genauere Beschreibung eines hierher gehörigen Falles findet sich, abgesehen von der Morgagni'schen Beobachtung zum ersten Male in der neuestens erschienenen Anatomie des Halses von Prof. Luschka, wo auch zum ersten Male auf die Analogie der Assimilation des Atlas an das Hinterhauptsbein mit der des letzten Lendenwirbels an das Kreuzbein aufmerksam gemacht wird. Der hier geschilderte Fall liegt mir zur nochmaligen Untersuchung vor, ich werde seine Beschreibung vorausschicken und dann zwei weitere neue Beobachtungen folgen lassen.

1) Derselbe betrifft ein 17jähriges Individuum und zeigt von den mir vorliegenden Fällen den höchsten Grad der Assimilation. Dieselbe ist rechts weit vollständiger als links. (Vgl. Fig. 1 u. 2.)

Auch hier findet sich in gewisser Beziehung eine Verschiebung des Atlas zu Gunsten der höher assimilirten Seite.

---

*) Beitr. zur vgl. pathol. Anatomie der Gelenkkrankheiten. Berl. 1853.

**) Knochenvarietäten, in dieser Zeitschrift. Dritte Reihe. XI. Band. 3. Heft, S. 294.

Nämlich es ist, wenn ich dieses Bild gebrauchen darf, rechts Atlas und Hinterhauptsbein wie zusammengedrückt und dadurch links weiter von einander entfernt, so dass die Spitze des Processus transversus rechts dem Processus jugularis ossis occipitis anliegt, links aber um 5 Millimeter von demselben entfernt ist. Durch dieses Bild soll natürlich nur die Thatsache selbst erläutert werden, über die Ursache dieser Verschiedenheit habe ich mich später noch näher auszusprechen.

Rechts ist die Massa lateralis des Atlas mit dem Gelenkhöcker des Hinterhaupts so vollständig verschmolzen, dass durchaus keine Trennungsspur mehr besteht. Die Höhe der vereinigten Knochenmasse, gerade abwärts vom untern Umfange des Foramen condyloideum anticum gemessen, beträgt 1,7 Centimeter, weit weniger als an dieser Stelle in der Norm die Höhe des Atlas sammt Hinterhauptsbein auf dieselbe Weise gemessen ausmachen würde, und entspricht nur etwa der Höhe des normalen Seitentheils des Atlas für sich.

Auf der linken Seite beträgt die Höhe 2,1 Centimeter.

Schon diese Verschiebung des Atlas und die Differenz in der Höhe desselben auf beiden Seiten, wie sie sich in allen drei mir vorliegenden Fällen findet, deutet auf gewisse eigenthümliche Funktionsstörungen hin, die sich während des Lebens geltend machen mussten.

Es findet links keine vollständige Synostose statt, sondern es existirt hier in der ganzen Breite der Massa lateralis des Atlas eine feine, einer Sutur ähnliche, von Knorpelsubstanz erfüllte Spalte, welche ungefähr den normalen Verbindungsflächen entsprechen dürfte.

Die unteren Gelenkflächen des Atlas sind auf beiden Seiten gleich gross und normal gebildet, fallen aber merklich steiler nach aussen ab, als gewöhnlich.

Ein vorderer Bogen des Atlas existirt so gut wie gar nicht; derselbe ist fast vollständig der Masse des Hinterhaupts assimilirt, nur in der Mitte sieht man die beiden Seitenhälften des vordern Bogenrudiments unter Bildung einer Art Nath zusammentreffen und über dieser eine etwa stecknadelkopfgrosse rundliche Oeffnung übrig bleiben, an der Stelle, wo normalmässig eine ovale Lücke im Knochengerüste zwischen Atlasbogen und dem Rande des Hinterhauptsloches besteht.

An der inneren Seite dieses rudimentären vorderen Atlasbogens findet sich die für den Zahn des Epistropheus bestimmte, hier ziemlich kleine Gelenkfläche.

Von dem hinteren Bogen ist nur die linke Seite noch deutlicher abzuschneiden. Sie ist aber auch defektiv gebildet.

Der ganze hintere rudimentäre Bogen ist vollkommen analog den zwei noch zu beschreibenden Fällen, obgleich hier die Assimilation der rechten Hälfte desselben so vollständig ist, dass eben erst durch Vergleichung dieses Falls mit den folgenden, bei denen dieser Theil noch in verschiedenem Grade freier erscheint, man sich genöthigt sieht, den unteren Theil der Circumferenz des grossen Hinterhauptsloches rechts als rechte Bogenhälfte abzugrenzen.

Die linke sehr schwach entwickelte Bogenhälfte liegt dem bezüglichen Rande des Hinterhauptslochs grösstentheils fast unmittelbar an.

Die normal beschaffene Wurzel verwandelt durch ihren oberen rinnenartigen Ausschnitt in Verbindung mit einer entsprechenden Kerbe am Rande des Foramen occipitale magnum den Sinus atlantis in ein Loch.

Von der rechten Seitenhälfte des hinteren Atlasbogens existirt nur die Wurzel isolirt, welche mit dem Rande des Hinterhauptslochs zusammenfliesst und, so wie links, ein knöchern umschlossenes Foramen für den Durchtritt der Arteria vertebralis und des ersten Cervikalnerven herstellt. Weiterhin ist die Bogenhälfte ganz mit dem Hinterhaupte verschmolzen, so jedoch, dass sie, wie schon oben erwähnt, durch Vergleichung mit der andern Seite und mit analogen Fällen, doch noch ihre Form, wenn auch durch künstliche Abgrenzung nachweisen lässt; sie erreicht auf diese Weise die Mittellinie, in der sie unter Bildung einer Naht mit der andern Hälfte des Bogens zusammentrifft.

Nach unten zu trägt sie eine überknorpelte Fläche, die wahrscheinlich mit dem Anfange der rechten Bogenhälfte des Epistropheus artikulirt hat; diess war aber nur möglich bei tiefer Senkung des Hinterhauptes, die ihrerseits wieder eine höchst eigenthümliche Stellung des Kopfes zur Folge gehabt haben muss.

Was die Querfortsätze betrifft, so legt sich, wie bereits berührt wurde, der rechte mit der oberen Seite seiner Spitze dem Processus jugularis des Hinterhaupts unmittelbar an, der linke dagegen bleibt frei. Dieser ist mit einer mangelhaften vordern Spange versehen, welche die hintere bei Weitem nicht erreicht, sondern durch Bandmasse mit derselben vereinigt wurde.

Das Hinterhauptsloch ist, wenn auch nur wenig, in seinen Durchmessern beeinträchtigt und zwar in der Weise, dass die Gegend des rechten Processus condyloideus des

Hinterhaupts, und des Endes des rechten hinteren Bogenrudiments des Atlas, wo die Gelenkfläche mit dem Epistropheus nach unten zu sich findet, gegen das Lumen des Lochs merklich vorspringt.

Die zwei weiteren mir noch vorliegenden Präparate zeigen einen geringeren Grad von Assimilation, als das geschilderte. Dasjenige von den beiden, das die höhere Assimilation trägt, ist dem vorigen ausserordentlich entsprechend und ich werde dieses zunächst beschreiben. (Vgl. hiezu Fig. 3.).

2) Auch hier findet sich eine ganz analoge defektive Bildung des hinteren Bogens vom Atlas wie in dem vorigen Fall und an dem zuerst geschilderten defekten Atlas; ebenso ist eine gewisse Verschiebung gegen die Seite der innigeren Verschmelzung ersichtlich, weniger eine einfache seitliche Verschiebung, wie in dem nachher zu schildernden Falle, als vielmehr eine gewisse Verdrehung um eine Axe, die man durch die durch Assimilation bedingte beträchtlichere Knochenanhäufung rechts senkrecht gezogen sich denkt, so dass die linke Atlashälfte weiter nach vorn zu liegen kommt, als die rechte und das Ende des linken Querfortsatzes 2 Centimeter in der Richtung nach vorne weiter vom Processus jugularis des Hinterhauptes entfernt ist, als das Ende des rechten.

Die Massa lateralis des Atlas ist rechts mit dem Gelenkhöcker des Occiput vollständig verschmolzen, so dass weder von seiner Form, noch seiner Stelle die geringste Spur zu entdecken ist, dass er überhaupt in keiner Weise mehr existirt, sondern vom Foramen condyloideum anticum nach abwärts eine continuirliche Knochenmasse von 2,7 Centimeter Höhe sich findet, was also beinahe der normalen Höhe des Hinterhauptes und Atlas zusammen an dieser Stelle entspräche.

Auf der anderen, der linken Seite beträgt die Höhe an dieser Stelle viel weniger, nur 2 Centimeter, die Verschmelzung ist aber entsprechend der Stelle des Gelenkhöckers ebenso vollständig wie rechts.

Die Querfortsätze sind im Ganzen normal entwickelt. Der rechte, der Stelle der innigeren Assimilation und grösseren Anhäufung von Knochenmasse entsprechende, ist etwas kürzer und dicker, als der linke.

Der vordere Bogen ist vollständig entwickelt, auf der rechten Seite dicker und breiter und besonders auch an der Wurzel höher, als links, mit einem sehr starken, vorspringenden

Tuberculum anterius versehen. Der Bogen ist mit dem Hinterhaupte nicht verwachsen, oder begrenzt wenigstens mit diesem ein längliches Oval, das nur wenig kleiner ist, als es sich hier unter normalen Verhältnissen findet. Er trägt auf seiner inneren Seite eine normal grosse Gelenkfläche für den Dens epistrophei.

Der hintere Bogen zeigt wieder die eigenthümliche, ganz charakteristische defektive Bildung, wie sie schon ganz allein für sich, um diese hier schon zu anticipiren, durchaus gegen die Entstehung im schon ausgebildeten Körper, durchaus für den fötalen Ursprung spricht.

Der Bogen ist in seiner linken Hälfte noch frei, wird aber in seinem Verlauf gegen die Mitte zu nicht entsprechend höher und massiger, wie normal, sondern hört, noch ehe er ganz vollkommen die Mittellinie erreicht hat, mit einem etwas zugeschärften Rande auf. Er begrenzt mit dem entsprechenden Theile des Hinterhauptslochs eine schmale, gegen die Mitte zu offene Spalte. In dem vorigen Falle lag die hintere Bogenhälfte dem Hinterhaupte fast unmittelbar an, hier bleibt der ganz analog gebaute Theil einige Millimeter von demselben entfernt, vorhin wurde durch das Anliegen der Sinus atlantis auch links in ein Loch verwandelt, diessmal bleibt er links normal. Dort erreichte das Bogenrudiment die Mittellinie, hier zeigt es sich abgesetzt, noch ehe es dieselbe ganz erreicht hat.

Auf der rechten Seite ist eine freie, hintere Bogenhälfte nicht mehr vorhanden, sondern dieselbe fast ganz in die Masse des Hinterhauptsbeines aufgenommen. Die Wurzel verschliesst zuerst den Sinus atlantis von hinten her zu einem allseitig knöchernen Foramen für den Durchtritt der Art. vertebralis und des Nerv. cervicalis primus; im weiteren Verlaufe wird die Assimilation vollständig, so dass eine scharfe Grenze zwischen der Knochenmasse des Hinterhaupts und des Atlasbogens nicht existirt. Jedoch sieht man die Form des Bogens noch bis auf einen gewissen Grad erhalten und denselben dann mit einem kurzen, zungenförmigen, sich wieder etwas frei machenden Vorsprunge, noch ehe die Mittellinie erreicht ist, enden. Von einer Vereinigung der beiden Hälften des hinteren Bogens, so weit dieselben vorhanden sind, kann also nicht die Rede sein, denn das Rudiment rechts verlauft höher, d. h. dem Hinterhauptsloche näher gerückt, abgesehen davon, dass die Enden der Bogenhälften in der Richtung von rechts nach links 11 Millimeter von einander abstehen. Diessmal ist auch an der Stelle der vollständigen Assimilation die

Form des Bogens rechts noch so weit erhalten, dass derselbe als, wenn auch verwachsener, Bogen imponirt, während in dem letzten Falle gerade erst durch Vergleichung mit diesem und mit der andern Seite eine, dann aber auch noch hinreichend deutliche Abscheidung gelang. In dem letzten Falle war eine Vereinigung der Bogenhälften in der Mittellinie unter Bildung einer Art Naht möglich, weil beide die Mitte erreichten und in ziemlich gleicher Höhe in Beziehung auf die Circumferenz des Foramen magnum dahinzogen, diessmal ist eine Vereinigung aus den angeführten Gründen nicht zu Stande gekommen.

Die unteren Gelenkflächen des Atlas zeigen in ihrer Flächenausdehnung eine grosse Verschiedenheit, rechts ist dieselbe mehr als noch einmal so gross, als links, etwa entsprechend der rechts mehr als noch einmal so bedeutenden Knochenmasse im Vergleiche zur linken Seite.

Was endlich die Veränderungen betrifft, die das Hinterhauptsloch in seiner Form erfahren hat, so ist wieder im Ganzen eine Verengerung desselben zu erkennen, und zwar ist wieder die Stelle, an der die Assimilation besonders ihren Sitz hat, also die Gegend des rechten Processus condyloideus des Hinterhaupts und die Gegend der rechten hinteren Bogenhälfte des Atlas gegen das Lumen der Oeffnung vorgetreten.

3) Gehe ich schliesslich zur Beschreibung des geringsten Grades der Verschmelzung über, so finde ich diesen an einem mit Ausnahme der eben durch die Anomalie mitbedingten, später noch näher zu besprechenden Veränderung am Hinterhauptsloche, wohlgebildeten Schädel, an dem nur besonders in der Gegend der Lambdanath eine sehr grosse Anzahl von Zwickelbeinen auffällt.

Die Assimilation findet sich auf der linken Seite, während rechts sich zwar ein sehr inniges Anliegen der Massa lateralis des Atlas an das Hinterhauptsbein, aber keine knöcherne Verschmelzung findet.

Der ganze Atlas ist in seinem Verhältnisse zum Os occipitis um 6 Millimeter nach links, also gegen die Seite der Synostose verschoben, ein Umstand, den ich in allen Fällen von Assimilation, auch der Lendenwirbel-Kreuzbeinverschmelzung, wo diese einseitig ist, in verschiedener Art und Weise ausgesprochen gefunden habe.

Die rechte Hälfte des Atlas ist in ihren wesentlichen Theilen normal gebildet, und während der vordere Bogen durch Zusammenfliessen mit der linken Bogenhälfte vollständig

ausgebildet erscheint, ist der hintere Bogen, der rechts in normaler Weise aus der Massa lateralis hervorgeht, aber in seinem Laufe gegen die Mitte zu, statt breiter und platter zu werden, sich allmälig verdünnt und konisch zuläuft, genau in der Mittellinie scharf abgesetzt, da er hier mit der linken hinteren Bogenhälfte nicht zusammenzufliessen vermag, weil der Atlas links gerade in der dem seitlichen und hinteren Umfange des Hinterhauptslochs entsprechenden Partie dem Os occipitis assimilirt erscheint.

Die linke Hälfte des Atlas verhält sich folgendermaassen: Die Höhe der Massa lateralis ist der der anderen Seite gleich und normal. Nach vorne geht aus ihr in regelrechter Weise der vordere Bogen hervor, der in seinem Zusammenfliessen mit der rechten Hälfte, auch im Verhältniss zum Hinterhauptsbeine, überhaupt in allen seinen Qualitäten normal erscheint, und eine grosse Gelenkfläche für den Zahn des Epistropheus trägt.

Der Querfortsatz ist links massiger und 4 Millimeter kürzer, als rechts, die Gelenkfläche des Atlaskörpers mit dem Epistropheus links in fast querer Richtung länglich oval, rechts dagegen beinahe kreisrund. In dem Bezirke dêr linken oberen Gelenkfläche des Atlas, der Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Hinterhauptsbeine beginnt die Synostose, die nach hinten zu immer inniger wird.

An der normalen Ursprungsstelle des hinteren Bogens geht links eine am Ursprung 1,5 Centimeter breite Knochenspange hervor, die anfangs platt, allmälig dicker, dabei aber schmaler wird, um sodann ganz vollständig ohne scharfe Trennungsspur mit dem hinteren Umfange des Randes des Foramen occipitale magnum zusammenzufliessen, ohne übrigens die Mittellinie zu erreichen. Vor der Verschmelzung mit dem Hinterhauptsbeine, und gerade durch diese wird der Sinus atlantis links in ein vollständig knöchern umschlossenes Foramen verwandelt.

Die Form des Hinterhauptslochs wird in diesem Falle in sehr bemerkbarer Weise verändert, so dass er gerade am deutlichsten die durch diese Bildungsanomalie überhaupt bedingte Beeinträchtigung des Hinterhauptsloches darstellt. Das Lumen im Ganzen ist beträchtlich verringert. Rechts ist die normale Form im Wesentlichen beibehalten, links dagegen fällt an der Stelle der Assimilation ein Segment des Umfangs des Lochs geradezu aus, indem hier die vereinigte Knochenmasse des Atlas und des Hinterhauptsbeines gegen das Foramen occipitis hereingedrängt erscheint und hierdurch die

bogenförmige Richtung der Peripherie an dieser Stelle in eine gerade verwandelt wird.

Wie sind nun diese Veränderungen, diese Assimilationen an den Enden der Wirbelsäule zu Stande gekommen? haben sie sich erst im Verlaufe der Zeit nach der Geburt gebildet in Folge von Entzündung, ist also die verbindende Knochenmasse eine neu gebildete, ein Entzündungsprodukt, das die bezüglichen Knochen in der Art vereinigt, wie etwa zwei benachbarte Knochen durch üppige Callusmasse verbunden werden können; oder aber ist die Anomalie während der Entwicklung der Wirbelsäule entstanden, ist sie in das fötale Leben zurück zu datiren? Mehrmals habe ich schon im Verlaufe der Beschreibung der einzelnen Fälle meine Ansicht dahin geäussert, dass diese letztere Annahme die viel wahrscheinlichere sei.

Schon die Analogie der Verschmelzung an den beiden Endigungen der beweglichen Wirbelsäule mit Berücksichtigung der hier unter normalen Verhältnissen zu Stande kommenden knöchernen Vereinigung von Wirbeln möchte dieser Ansicht günstig sein; sodann aber besonders die auffallende Gleichmässigkeit der einzelnen Fälle, nebst der mit der Assimilation des Atlas constant verbundenen defectiven Bildung des betroffenen Wirbels. Schon ein Blick auf diese gleichmässigen Formationen mit Berücksichtigung der gleichzeitigen mangelhaften Entwicklung lässt eine nach der anderen Ansicht anzunehmende ganz gleichmässige entzündliche Knochenresorption, Knochenneubildung und Verwachsung fast absolut verwerfen. Andererseits erscheint ein Hereinziehen des kleineren Knochenstücks in die grössere verschmolzene oder in Verschmelzung begriffene Knochenmasse, ein Annexirtwerden gewisser Massen des kleineren Knochens von dem grösseren Knochenconglomerate äusserst plausibel.

Gerade durch diese Verschmelzung ist dann eine normalmässige Entwicklung gestört und die defektive Ausbildung, wo sie vorkommt, begreiflich. Ob diese Verschmelzung durch eine mangelhafte Verflüssigung des die künftigen Knochen verbindenden Mediums, also als eine Bildungshemmung aufzufassen sei, oder ob eine Abweichung von der Gesetzmässigkeit des ersten Zustandekommens der Skelettheile die Schuld trage*), darüber

*) Vergleiche die Halbgelenke des menschlichen Körpers von Dr. Hub. Luschka. Berlin 1858. S. 6.

könnten erst weitere, genaue und glückliche den Fötus betreffende Untersuchungen entscheiden. Ist aber einmal die Assimilation während der Zeit der Entwicklung der Wirbelsäule zu Stande gekommen, dann erscheint eine mangelhafte, ungleichmässige Ausbildung der einzelnen Theile des Wirbels nothwendig und hieraus also auch die verschiedenen Verschiebungen, Verdrehungen und das Abweichen der Theile nach der einen oder anderen Seite, wie sie in den beschriebenen Fällen angeführt wurden und sich constant fanden, erklärlich. So ist zum Beispiel bei der Assimilation des Atlas in dem ersten Falle dieselbe rechts früher eingetreten als links, wo sich sogar noch eine mit Knorpelsubstanz erfüllte Spalte findet, demgemäss konnte links das Knochenwachsthum noch zunehmen, nachdem es rechts schon aufgehört hatte, daher die verschiedene Höhe beider Seiten. Wie wären im Gegensatze hiezu diese Veränderungen zu erklären, wenn die Verwachsung Resultat einer Entzündung sein würde? Ueberdies fehlt der Annahme einer solchen jegliche Basis; in den von mir untersuchten Fällen findet sich wenigstens auch nicht die leiseste Spur einer stattgehabten Entzündung. — Es würde gewiss unbegreiflich sein, wie, um auf einige einzelne Punkte einzugehen, der Dornfortsatz constant nach der Seite der Verwachsung hin abweichen könnte, denn ein ausgebildeter, fester, knöcherner Wirbelbogen könnte sich doch nicht wohl in Folge von Entzündung abplatten. Ganz räthselhaft wäre auch das Beschränktsein von Entzündung auf eine Seite des Wirbels bei reicher Produktion von Knochenmasse oder fast ausschliesslicher Knochenresorption, wie bei Atlasassimilationen manchmal angenommen werden müsste, und im Gegensatz hiezu das völlige Verschontbleiben der anderen Seite; und einseitige Assimilation ist, wie wir gesehen haben, häufig. Warum blieben endlich die Gelenke der Processus articulares constant von der in nächster Nähe bestehenden Entzündung frei?

Bei der Betrachtung des assimilirten Atlas weist die Conformität in der Bildung des hinteren Bogens, die verschiedene Höhe der beiden Seiten auch entschieden auf einen ursprünglichen Bildungsfehler hin. Gerade bei den Fehlern in der Entwicklung findet man die Einseitigkeit sehr häufig, ich erinnere z. B. an die Häufigkeit der einseitigen Lippen- und Gaumenspalte, und wenn auch nicht alle Eigenthümlichkeiten durch das Zurückweisen der Entstehung der Anomalie auf die fötale Periode erklärt werden, so enthalten sie doch immerhin nichts Räthselhaftes mehr, während eine Entzün-

dung, die derlei Formationen hervorriefe, etwas Unerhörtes wäre.

Solche angeborene Synostosen stehen überdiess keineswegs vereinzelt da, sondern wurden schon an den verschiedensten Stellen des menschlichen Skelettes beobachtet. Bei einem 8jährigen Knaben*) waren die Knochen des linken Vorderarms, bei übrigens völliger Normalität der äusseren Gestalt dieser Gliedmasse, von Geburt an nicht im Mindesten zu einander beweglich. Weder die Supination noch die Pronation konnten jemals ausgeführt werden. Die ihnen entsprechenden Bewegungen wurden vom Schultergelenke aus bewerkstelligt.

Rud. Wagner**) beschreibt die Verschmelzung des mondförmigen und dreieckigen Beins an beiden Handwurzeln eines sonst wohlgebildeten Negerskeletes.

Einen ähnlichen Fall führt P. Phoebus***) von dem Skelete eines 30jährigen Mannes an, an welchem zugleich eine Synostose des 2ten und 3ten Halswirbels gefunden wurde. Die Wirbel waren unter einander in der ganzen Ausdehnung ihrer Bögen verschmolzen, so dass nur an der rechten Seite unweit des Dornfortsatzes sich eine kleine durchgehende Spalte zeigte.

Alph. Robert†) führt einen Fall von Assimilation des Calcaneus an das Os cuboideum auf, der von Auzias an beiden unteren Extremitäten beobachtet wurde; ferner eine Beobachtung von Verneuil über Verschmelzung des Calcaneus und des Os scaphoideum beiderseits.

Analoge Fälle liessen sich besonders an Hand und Fuss noch viele aufzählen.

Sehr häufig kommt eine Ankylose zwischen dem Schwertfortsatz und dem Körper des Brustbeines vor, viel seltener zwischen Körper und Handhabe.

Eine weitere hier zu erledigende Frage ist die nach den Funktionsstörungen, welche diese Anomalien während des Lebens hervorrufen und nach den hiemit im Einklang stehenden anatomischen Veränderungen der umgebenden Weichtheile.

---

*) Hub. Luschka, Die Halbgelenke des menschlichen Körpers. S. 7.

**) Heusinger's Zeitschrift für organische Physik. Bd. III. S. 330.

***) Ueber ursprüngliche Knochenverschmelzung. Nova acta physic. med. Acad. Caes. Leop. Carol. N. C. T. XVII. Pars 2. 1835.

†) Des vices congénitaux de conformation des articulations. Paris 1851. pag. 22.

††) Hub. Luschka, Die Halbgelenke d. menschlichen Körpers. S. 96.

Hiebei kann die Assimilation des letzten Lendenwirbels an das Kreuzbein eigentlich völlig übergangen werden, sie wird niemals solche Bewegungsstörungen, eine so veränderte Haltung, überhaupt solche Symptome herbeiführen, dass sie am lebenden Menschen erkannt werden könnte. Die Verbindungen der Lendenwirbel unter sich und die des letzten Lendenwirbels mit dem Kreuzbein sind so analog gebaut, dass hier ein Gelenk für das andere völlig einzutreten im Stande sein dürfte. Auch die anatomischen Veränderungen der umgebenden Weichtheile können demgemäss nicht bedeutend sein, indem nur die Muskeltheile und Muskelpartien, welche speziell die Bewegung des letzten Lendenwirbels zu dem Kreuzbein vermitteln sollten, ein kleiner Theil des M. extensor dorsi communis, ein Theil des Multifidus spinae, die untersten Mm. intertransversarii und interspinales atrophisch gefunden werden müssen.

Ganz anders verhält es sich dagegen bei der Assimilation des Atlas an das Hinterhaupt. Die hier aus anatomischen und physiologischen Betrachtungen als nothwendig erscheinenden Störungen der betreffenden Funktionen und der anatomischen Veränderungen der umgebenden Theile finden sich in der einzigen Beobachtung, bei der sie direkt studirt werden konnten, nämlich der schon angeführten von Joh. Bapt. Morgagni*) im Wesentlichen aufgeführt. Ich werde auf diese merkwürdige Mittheilung zunächst näher eingehen, da sie den nachher weiter auszuführenden Verhältnissen, deren Beschreibung durch Reflexion gewonnen werden muss, eine positive Basis unterbreitet.

In Betreff der Funktionsstörungen heisst es hier wörtlich: Senex erat Patavii, quem non sine difficultate caput in latus inclinare potuisse ab iis, qui diu cum ipso familiariter versati fuerant, post dissectionem accepimus. Die Weichtheile und die Assimilation selbst anlangend: Cum parvi musculi, qui anterius inter primam colli vertebram et caput interjiciuntur, vix ac ne vix quidem apparerent, neque id mihi pessimae duntaxat, id est laxissimae, ut in caeteris quoque musculis, constitutioni imputandum videretur, attentius inspectans, et profundius inquirens, in illud incidi, cujus potissimum causa hanc scribere volui observationem. Scilicet non modo quod Columbo occurrerat scribenti, primam vertebram occipitio ita adhaerentem hisce oculis vidi, ut moveri neutiquam posset,

---

*) J. B. Morgagni, de sedibus et causis morborum Epistola LXIX, 8

hic quoque erat, sed praeterea adhaesio a sinistro, praesertim anteriore latere ejusmodi conspiciebatur, ut unum idemque os essent tum ea vertebra, tum occipitium: idque a primordiis usque fuisse, plura indicabant proxima conformationis vitia.

Nun erzählt Morgagni noch von einer Verwachsung des Körpers vom zweiten mit dem des dritten Wirbels, die übrigens nicht so innig gewesen sei, wie die vorige, und welche er für weniger wichtig hält und mehr nebenbei erwähnt, dann sagt er über die Bänder: — — ligamenta describere non omittam. Transversum, ut vocant, quidquid erat dentis a tergo complectebatur, ima parte excepta, unde lateralia longiora, quam solent, et tenuiora, praesertim dexterum, oriebantur. A sinistro tamen quasi summo dentis latere perbreve quoddam proficiscebatur, et crassius.

Dieser Fall ist allerdings in Betreff der Funktionsstörungen nicht ganz rein, weil auch eine Verwachsung des zweiten Wirbels mit dem dritten vorhanden ist, doch wird diese nicht wohl bemerkenswerthe Störungen hervorrufen können. Ueberdiess wird das „in latus inclinare" nicht der richtige Ausdruck sein; entweder konnte Morgagni nicht die völlige Wahrheit von den Angehörigen erfahren, oder hat er sich nicht ganz glücklich ausgedrückt, immerhin aber ist sicher, dass Störungen in der Bewegung des Kopfes vorhanden waren, die auch dem Laien auffallend erschienen sind.

Die Bewegungen des Kopfes an sich geschehen in den Gelenken zwischen Hinterhaupt und Atlas und zwischen diesem und Epistropheus. Die ersteren vermitteln vorzüglich die Nickbewegung, die zweiten die Rotationen des Kopfs auf der Halswirbelsäule. In diesen Funktionen können die einen Gelenke die andern durchaus nicht ersetzen. Die oberen sind eine Art von Gewerbegelenk, das Gelenk zwischen Zahn und Atlas ist ein sogenanntes Drehgelenk, die seitlichen zwischen diesem und Epistropheus sind eigenthümlich construirt, um die Drehung ohne Zerrung des Rückenmarks zu ermöglichen*).

Die übrigen Gelenke der Halswirbelsäule sind (abgesehen von den zwischen den Processus articulares befindlichen) Halbgelenke, welche die sehr ausgiebige Bewegungen gestatten-

---

*) Vgl. hierüber Dr. Hub. Luschka, Anatomie des menschlichen Halses, Tübingen 1862, S. 49 ff., wo weiter auf die Forschungen von Henle, Barkow und Henke verwiesen wird.

den Atlas- und Epistropheusgelenke in ihren Funktionen nimmermehr zu vertreten im Stande sind.

Eben so wenig aber kann die Bewegung, welche zwischen Hinterhaupt und erstem Wirbel zu Stande kommen soll, zwischen erstem und zweitem vollführt werden: denn die Nickbewegung ist ja gerade von dem Rollen des Condylus ossis occipitis auf der concaven Gelenkfläche des Atlas abhängig, zwischen erstem und zweitem Wirbel ist aber weder ein Condylus, noch eine eigentliche Concavität vorhanden. Es muss also nothwendig eine reine Nickbewegung vollständig aufgehoben sein, wenn zwischen Hinterhaupt und Atlas die Gelenke ausser Thätigkeit gesetzt sind. — Eine Rotation des Kopfs auf der Wirbelsäule ist dagegen vollständig frei, da die Atlas-Epistropheusgelenke in ungestörter Wirksamkeit geblieben sind.

Bis auf einen gewissen Grad vermag nun der Organismus sich zu accommodiren, indem z. B. zwischen Atlas und Epistropheus eine gewisse, aber nur sehr beschränkte Nickung denkbar ist; sehr beschränkt muss sie immer bleiben, einmal wegen der Beschaffenheit der Gelenkflächen, sodann wegen des Dens epistrophei, der durch das Ligamentum transversum atlantis festgehalten sich jeder stärkeren Nickbewegung entgegensetzt, oder im Falle der Erschlaffung des Bandes unfehlbar gegen das Rückenmark vortreten und andrücken müsste. Eine weitere Compensation der aufgehobenen Nickbewegung am normalen Ort kann die Halswirbelsäule im Ganzen darbieten; aber auch diese muss höchst mangelhaft bleiben, es handelt sich mehr um eine Streckung und Krümmung des Halses, oder um ein Vorwärtsneigen des Halstheils der Wirbelsäule im Ganzen, als um eigentliche Nickbewegungen.

Nehmen wir noch dazu die eigenthümliche Stellung, die der Kopf stets einnehmen muss bei dieser Atlasassimilation, indem eine Senkung des Hinterhaupts wegen der Verschmelzung des hinteren Atlasbogens mit der Circumferenz des Foramen occipitale magnum da sein muss, so bekommen wir eine Symptomengruppe, aus der mit Berücksichtigung einer genauen Anamnese dieser Zustand ohne zu grosse Schwierigkeiten mit ziemlicher Bestimmtheit am Lebenden diagnostizirt werden kann.

Das Wesentliche wäre, zu constatiren, dass die Störung der Nickbewegung und die eigenthümliche Haltung des Kopfs, diese oft besonders einseitige Senkung des Hinterhaupts, von Geburt an bestanden habe, dass nie Zeichen da gewesen

seien von irgend einer Erkrankung an dieser Stelle, die Bezug haben könnte, also nie Schmerzhaftigkeit bei Bewegungen oder Druck in die Tiefe, mit Röthung der Haut in der betreffenden Gegend, oder gar Senkungsabscesse u. s. w.

Man wird bei der differentiellen Diagnose des sogenannten „steifen Halses“ stets auch die Möglichkeit dieses Bildungsfehlers vor Augen haben müssen.

Lässt sich eine Entzündung ausschliessen und die Dauer seit der Geburt feststellen, so wird die Diagnose auf diese Entwicklungsanomalie gerechtfertigt sein und es ist dann besonders von jedem therapeutischen Eingriffe abzusehen. Bei einer gewaltsamen und roh ausgeführten Beugung und Streckung des Kopfs lägen die Gefahr eines Eindringens des Zahns des Epistropheus in den Wirbelkanal und dessen Folgen sehr nahe. Dass sogenannte medizinische Mittel, Resolventien u. s. w. absolut zu verwerfen wären, versteht sich natürlich von selbst.

Was endlich die anatomischen Veränderungen der umgebenden Weichtheile betrifft, so ist in dieser Hinsicht wieder die Morgagni'sche Beobachtung äusserst interessant; während man schon a priori vermuthen wird, dass die den Nickbewegungen besonders vorstehenden Muskeln atrophisch werden gefunden werden müssen, bestätigt sich diess hier aus dem Sektionsbefund, indem aufgezeichnet steht, dass die zwischen erstem Halswirbel und Hinterhaupt vorn ausgespannten kleinen Muskeln fast vollständig geschwunden gewesen seien.

Der M. rectus capitis anticus minor ist völlig ausser Thätigkeit, wenn Atlas zum Hinterhaupt ankylosirt ist; dieser Muskel muss also wie alle ganz unthätigen Muskeln schwinden. Ebenso wird die Atrophie den M. rectus capitis posticus minor und den Rectus capitis lateralis betreffen müssen; in geringerem Grade noch verschiedene andere Muskeln: Der M. rectus capitis posticus major z. B. ist zwar nicht vollständig, aber zum allergrössten Theile zur Unthätigkeit verdammt, in geringerem Grade der Rectus capitis anticus major, der noch zur Krümmung der Wirbelsäule beitragen kann.

Zur Compensation der gestörten Nickbewegung wird, wie schon oben angeführt, vorzüglich eine gewisse Nickung zwischen Atlas und Epistropheus und eine Krümmung der ganzen Halswirbelsäule, sowie ein Vorneigen derselben in toto beitragen können; hiebei kommt vorzüglich der M. longus colli in's Spiel, der sich an das Tuberculum anterius atlantis ansetzt, und ich finde dieses in dem zweiten beschriebenen Falle der Atlasassimilation ganz auffallend stark entwickelt.

Auf der anderen Seite wird weder von M o r g a g n i einer Atrophie des M. sternocleido-mastoideus, des sogenannten Kopfnickers, Erwähnung gethan, noch ist eine solche irgendwie als wahrscheinlich anzusehen, indem man überhaupt die unrichtige Ansicht, als trage dieser Muskel zum Nicken des Kopfs bei, füglich einmal allgemein fallen lassen sollte; es ist im Gegentheil anzunehmen, dass dieser Muskel auch vorzüglich zur Compensation der gestörten Bewegung durch nach vorn Ziehen der ganzen Halswirbelsäule durch Vermittlung des Kopfes bei vorhandener Atlashinterhaupts-Ankylose beitragen werde, und ich finde in dem dritten Falle der Assimilation, dem einzigen, bei dem der ganze Schädel meiner Betrachtung zugänglich ist, auffallend stark entwickelte Processus mastoidei, was vielleicht mit einer Hypertrophie des Muskels in Zusammenhang zu bringen wäre.

Erklärung der Tafel.

Figur 1 stellt den zuerst beschriebenen Fall von Atlasassimilation dar, in der Ansicht von der hinteren Seite.

a. Hinterhauptsbein.
b. Atlas. Der Buchstabe deutet gegen die rechte untere Gelenkfläche desselben.
c. Grosses Hinterhauptsloch.
d. Vorderer Atlasbogen; zeigt die Gelenkfläche für den Epistropheuszahn. In der Mitte dicht über demselben sieht man eine kleine rundliche Oeffnung.
e. Hinterer Atlasbogen. Stelle des Zusammentritts beider Bogenhälften. Rechts davon findet sich die abnorme Gelenkfläche zur Artikulation mit dem Epistropheus. Links von der Zusammentrittsstelle sieht man die Spalte, welche zwischen Bogenrudiment und Hinterhauptsbein noch übrig geblieben ist.
f. Linker Querfortsatz mit dem unvollständig umschlossenen Foramen transversarium. Man sieht den linken Querfortsatz einige Millimeter von dem Processus jugularis abstehen, während der rechte demselben unmittelbar anliegt.

Figur 2. Dasselbe Präparat wie in Figur 1, Ansicht von der vorderen Seite.

a. Pars basilaris des Hinterhauptsbeines.
b. Massa lateralis dextra atlantis.
c. Vorderer Atlasbogen. Man sieht deutlich die Nath, unter der sich die Bogenhälften vereinigen, über derselben das kleine übrig bleibende Loch.
d. Hinterer Bogen, linke Hälfte.
e. Die noch übrig gebliebene mit Knorpelsubstanz erfüllte Spalte links.
f. Rechtes Foramen condyloideum anticum.

Figur 3. Giebt die Ansicht des zweiten Präparates der Atlasassimilation von der hinteren Seite. Vergleiche besonders Fig. 1.

a. Hinterhauptsbein.
b. Die rechts sehr grosse untere Gelenkfläche des Atlas.
c. Hinterer Atlasbogen, linke Hälfte.
d. Das sich wieder etwas frei machende Ende der rechten Hälfte des hinteren Bogens.
e. Linker Querfortsatz, weit vom Processus jugularis des Hinterhauptsbeines entfernt im Vergleiche zur anderen Seite.
f. Das stark entwickelte Tuberculum anterius am vorderen Atlasbogen; über diesem eine länglich ovale Lücke.

Ueber das elektrische Verhalten des thätigen Muskels.

Von

Georg Meissner und **Franz Cohn.**

(Hierzu Tafel II. u. III.)

In den Nachrichten von der G. A. Universität etc. zu Göttingen 1861, No. 15. II. (14. Aug.), sowie in dieser Zeitschrift Bd. XII. p. 344 sind die Ergebnisse von Versuchen mitgetheilt worden, welche wir über den Einfluss der Compression und der Dehnung des Muskels auf das elektrische Verhalten desselben angestellt haben.

Wenn der sogenannte ruhende Muskelstrom von einem Punkte der Oberfläche des Muskelbauches und von der Sehne abgeleitet wird, und derselbe den Magneten des Galvanometers in dauernder Ablenkung hält, und dann, ohne dass die Ableitungsbedingungen eine Aenderung erleiden, der Muskel in der Richtung comprimirt wird, in welcher die natürliche Contraction erfolgt, also in der Richtung der Längsaxe des Muskels, so zeigt ein Rückschwung des Magneten nach dem Nullpunkt zu jedes Mal eine Abnahme, eine negative Schwankung des ruhenden Muskelstroms an, welcher mit dieser Verminderung fortbesteht, so lange die Compression unterhalten wird. Die Verminderung der Ablenkung des Magneten ist um so beträchtlicher, je bedeutender die Compression ist. Beim Nachlassen der Compression nimmt die Ablenkung des Magneten wieder zu und nähert sich der ursprünglichen Grösse.

Das eben genannte Resultat der Compression tritt bei leistungsfähigen Muskeln von Fröschen und Säugethieren stets

und vollkommen regelmässig ein und unterliegt durchaus keiner Ausnahme.

Dagegen hat die Dehnung des Muskels über seine natürliche Länge nicht unter allen Umständen den gleichen Einfluss auf das Verhalten des ruhenden Muskelstroms. Unter gewissen Verhältnissen tritt Zunahme der Ablenkung des Magneten ein, wie es in den oben genannten Mittheilungen zuerst beschrieben ist, unter anderen Verhältnissen, in der Beschaffenheit des Muskels gelegen, tritt Abnahme ein, worüber der Zusatz in der oben genannten Mittheilung in dieser Zeitschrift zu vergleichen ist. Da für den Gegenstand der hier mitzutheilenden Untersuchung nur die bei der Compression des Muskels eintretende Veränderung seines elektrischen Verhaltens interessirt, so wird von der durch Dehnung zu bewirkenden hier ganz abgesehen, und der betreffende Theil der früheren Versuche hier nicht weiter verfolgt.

Die Aufgabe, um deren Lösung es sich hier handelt, ist nämlich die am Schluss obiger vorläufigen Mittheilungen schon angedeutete: zu entscheiden, ob und in wie weit diejenige Abnahme des ruhenden Muskelstroms, welche mit der Compression des Muskels einhergeht, betheiligt ist bei der sogenannten negativen Schwankung des Muskelstroms, welche die lebendige Contraction des Muskels begleitet.

Bevor wir zur Darstellung der neuen zu diesem Zweck unternommenen Versuche übergehen, ist es nothwendig, die Methode der Versuche zu beschreiben, welche den Ausgangspunkt der Untersuchung bilden, nämlich der Versuche mit comprimirten Muskeln, so wie einige nähere Angaben über dieselben beizubringen. Die nähere Beschreibung des Versuchsverfahrens ist um so mehr nothwendig, als der betreffende Apparat auch für einen Theil der späteren Untersuchungen diente.

Wenn es gilt, einen Muskel, während er nach dem Galvanometer abgeleitet ist, irgend welchen mechanischen Einwirkungen auszusetzen, so ist die erste und wichtigste Bedingung, die erfüllt sein muss, die, die Ableitungsvorrichtung so einzurichten, dass bei den dem Muskel zugedachten Einwirkungen die Bedingungen der Stromableitung ganz unverändert bleiben, dass stets dieselben Punkte des Muskels in den Multiplicatorkreis eingeschaltet bleiben und die Widerstände der Ableitungsvorrichtung keine Aenderung erleiden. Um dies so gut als möglich zu erreichen, haben wir folgendes Verfahren eingeschlagen.

Um den Muskel wurde etwa in der Mitte seines Bauchs ein Faden feiner weisser Wolle umgeschlungen und leicht zugeknüpft, so dass derselbe eine fest anliegende, weder eindrückende noch leicht verschiebbare Schlinge um den Muskelbauch bildete. Diese Schlinge ist bestimmt, die Ableitung vom natürlichen Längsschnitt des Muskels zu übernehmen; von ihr geht ein Ende des Fadens zu dem einen Zuleitungsgefäss. Ein zweiter Wollfaden wurde mittelst einer Nadel (sog. Wollnadel) durch eine der Sehnen des Muskels hindurchgezogen, zur Ableitung des sogenannten natürlichen Querschnitts; dieser Faden verlief zu dem andern Zuleitungsgefässe. Mit Ausnahme der Compressionsversuche, zu denen auch Säugethier-Muskeln benutzt wurden, diente ausschliesslich der seiner Form und Grösse wegen, so wie vermöge der starken langen Sehne am besten geeignete Gastrocremius des Frosches zum Object der Versuche. Die Präparation dieses Muskels geschah in der Art, dass der freigelegte Bauch mit seinen beiden Sehnen und mit den Knochenstücken, an denen dieselben fest sitzen, im Zusammenhange vom Froschleibe getrennt wurde, nachdem die Fäden schon in der beschriebenen Weise befestigt waren. Alsdann wurden die Fäden auf der dem Muskel zugekehrten Hälfte mit geschlagener und filtrirter Eiweisslösung wohl durchtränkt, der Muskel darauf in vertikaler Richtung, wie für den speciellen Versuch noch näher anzugeben, aufgehängt, und dann die freien Enden der Wollfäden in die mit Zinkvitriollösung gefüllten Zuleitungsgefässe eingetaucht, nachdem sie bis zu der Stelle, wo die Eiweissdurchtränkung begann, mit der gleichen Zinklösung vollständig imbibirt waren. Die Zuleitungsgefässe sind Kästchen aus dickem Zinkblech, um deren obern Rand ein in eine Klemmschraube auslaufender Messingrahmen festgelöthet ist; die äussere Fläche der Kästchen, so wie der obere Rand ist gefirnisst, die untere Fläche ist auf eine dicke Glasplatte festgekittet, und die innere Oberfläche der Gefässe ist gut amalgamirt. In die eine durchbohrte Seitenwand jedes Gefässes ist eine rechtwinkelig aufwärts gebogene, beiderseits offene Glasröhre eingesetzt, in welcher demnach die Zinklösung ebenso hoch steht, wie in dem Gefässe. Die durch diese Glasröhren gebildeten Ausläufer der Gefässe dienen dazu, entweder die aus cylindrischen Stücken von papiernen Zeichenwischern gebildeten Bäusche aufzunehmen, wenn es sich um einfache Auflagerung eines Theiles, z. B. des Herzens handelt, oder, wie in den zunächst vorliegenden Versuchen, die mit Zinklösung getränkten Enden der Wollfäden, bei welcher Einrichtung verhindert ist,

dass die Fäden bald mehr, bald weniger in die Nähe oder in Berührung mit der amalgamirten Zinkfläche kommen möchten. Die Kästchen selbst werden mit Glasplatten bedeckt und so der Verdunstung der Zinklösung vorgebeugt.

Die Stellung der beiden Zuleitungsgefässe wurde mit Sorgfalt immer so regulirt, dass jede Heberwirkung durch die Fäden, wodurch Zinklösung an den Muskel hätte gelangen können, oder auch Eiweisslösung hätte entzogen werden könkönnen, gänzlich vermieden war. Von dem Muskel verliefen die Fäden frei zu den Glasröhren, im leichten Bogen hängend, indem die Länge dieser Strecke der Fäden so gewählt wurde, dass sie einerseits nicht unnöthig den Widerstand vermehrte, anderseits aber auch die Bewegungen des Muskels frei erfolgen konnten, ohne dass das eingetauchte Ende der Fäden sich zu verrücken brauchte.

Die ganze Einrichtung ist auf der zweiten Tafel angedeutet, wo A, A' die beiden Zinkgefässe mit ihren Ausläufern a a' bedeuten.

Die Zinkgefässe wurden für die Dauer der Untersuchung, so lange als keine Versuche angestellt wurden, indifferent geschlossen erhalten, und zwar durch mit Zinkvitriollösung getränkte Wollbüschel, die in die Glasschenkel eintauchten. So wurde erreicht, dass wir mit Ungleichartigkeiten in der Vorrichtung nur selten zu kämpfen hatten.

Von den Klemmschrauben der Zuleitungsgefässe liefen die Drähte zu einem Schlüssel S (Tafel II.), mit Hülfe dessen der Beobachter den Strom nach Belieben auf das Galvanometer wirken lassen und unterbrechen kann. Vor diesem Schlüssel ist noch eine Wippe G eingeschaltet, deren Umlegen, wie man leicht sieht, bewirkt, dass der Strom in der einen oder in der entgegengesetzten Richtung die Rolle des Galvanometers durchströmt. Der Zweck dieser Wippe wird verständlich, so bald man bedenkt, dass der Magnet des zu allen diesen Untersuchungen benutzten sog. Electro-Galvanometers den Variationen des Erdmagnetismus ausgesetzt ist, und also z. B. während einer längere Zeit andauernden, durch einen Strom bewirkten Ablenkung der Magnet möglicherweise seinen Ruhestand merklich geändert haben könnte: vermuthet man dieses, und wünscht man möglichst schnell darüber Auskunft zu erhalten, ohne die Beobachtung der Stromwirkung ganz zu unterbrechen, so wendet man den Strom mit Hülfe jener Wippe, erhält vermöge der Wirkung der Dämpfung rasch die Ablenkung des Magneten nach der andern Seite und findet den augenblicklichen Ruhestand des Magneten durch Halbirung

der Differenz zwischen den beiden Ständen des Magneten, die den beiden Lagen der Wippe entsprechen; die Beobachtung der Stromwirkung kann dann natürlich bei der neuen Lage der Wippe sogleich fortgesetzt werden.

Es bedarf nicht der Erwähnung, dass die Einrichtung der oben beschriebenen Ableitung des Muskels Sorgfalt erfordert, und alle Manipulationen einige Uebung verlangen, wenn nicht zu viel Zeit darüber verstreichen soll. Ist Alles gut gelungen, so entspricht die Einrichtung allen Anforderungen, und man kann sich leicht durch Versuche überzeugen, dass Bewegungen des Muskels, seien es active oder passive, Nichts in den Ableitungsbedingungen ändern, sofern der Magnet immer wieder dieselbe Ablenkungsgrösse für den ruhenden Muskelstrom zeigt, wenn der Muskel wieder auf seine ursprüngliche Länge zurückgeführt ist.

Die Widerstände in der Ableitung sind natürlich bedeutend, und daher ist ein Galvanometer erforderlich, empfindlicher, als es sonst für den Muskelstrom und seine Veränderungen nöthig ist. Dieser Umstand brachte aber keine Schwierigkeit mit sich, da wir uns, wie schon bemerkt, des Galvanometers bedienten, welches Meyerstein und der Eine von uns kürzlich in dieser Zeischrift Bd. XI., pag. 193 beschrieben haben. Die Einrichtung desselben gewährt die Möglichkeit, dem Magneten jeden gewünschten Grad der Empfindlichkeit mit Leichtigkeit zu geben. Die Hülfsmagnete wurden soweit gesenkt, dass das Instrument mit der Rolle von 22,000 Windungen die Einstellung hatte, wie sie bei gewöhnlicher Art der Zuleitung für den Nervenstrom erforderlich ist; der ruhende Muskelstrom lenkte dann den Magneten gewöhnlich um 200—300 Skalentheile ab: das Fernrohr befand sich von dem Spiegel des Magneten in der Entfernung von 3 Meter, so dass ein Skalentheil nahezu einer halben Bogenminute entsprach. Von den besonderen, und gerade für diese Untersuchung sehr wichtigen Vorzügen des genannten Galvanometers brauchen wir hier nicht zu reden, da wir einerseits auf die oben citirte Beschreibung des Instruments, anderseits auf die unten folgenden Beobachtungsresultate selbst verweisen können.

Die meisten Versuche erforderten zwei Beobachter, den einen am Fernrohr, den anderen zur Ausführung der Manipulationen am Muskel, der Reizung u. s. w. Uebrigens befand sich das Fernrohr in so unmittelbarer Nähe von den übrigen Apparaten, dass auch der am Fernrohr befindliche

Beobachter die Versuche controliren und mit dem Andern leicht den Platz tauschen konnte.

Es erübrigt jetzt noch die Beschreibuug des Apparates, in welchem der Muskel für einen Theil der Versuche, zunächst dann, wenn es sich um Dehnung und Compression handelte, aufgehängt wurde. Dieser Apparat ist auf der ersten Tafel in ungefähr $^2/_3$ der natürlichen Grösse dargestellt und hat folgende Einrichtung.

An dem horizontalen Balken des galgenartigen hölzernen Stativs sind drei vertikale dreikantige Messingstäbe DDD befestigt, an deren untere Enden eine dreieckige Elfenbeinplatte A festgeschraubt ist. Eine zweite, ganz gleiche Elfenbeinplatte B ist längs der Messingstäbe D verschiebbar, indem dieselbe in den Ecken drei dreieckige Ausschnitte hat, in welchen sie mit möglichst wenig Reibung an den Stäben D gleitet. Die Elfenbeinplatte A ist also fest, die Platte B parallel mit jener beweglich. Um die bewegliche Platte B durch angehängte Gewichte bewegen, resp. fixiren zu können, sind an derselben drei nach oben und drei nach unten gerichtete vertikale Messingstäbe befestigt: die drei oberen laufen zu dem Knopf und Haken F zusammen, von wo eine über die beiden Rollen geführte Schnur ausgeht, die die Wagschale rechterseits trägt. Belastung dieser Wagschale zieht also die Platte B nach oben. Die drei nach unten gerichteten Stäbe EEE laufen gleichfalls in einen Haken aus und tragen an diesem die zweite Wagschale, linkerseits, deren Belastung die Platte B nach unten zieht. Zwischen den beiden Elfenbeinplatten A und B soll der Gastrocnemius des Frosches vertikal aufgehängt werden um durch die Bewegungen der Platte B entweder gedehnt oder comprimirt zu werden. Zu diesem Zweck haben beide Elfenbeinplatten den in der Abbildung nach vorn gerichteten Einschnitt, der bis in die Mitte der Platte führt und hier mit einer kreisförmigen Erweiterung endigt.

Durch die beiden Einschnitte werden die beiden Sehnen des genannten Muskels eingeführt, und die beiden Knochenstücke, an welche die Sehnen sich inseriren, ein Stück des Femur und ein Stück der Fusswurzel, ragen das eine nach oben, das andere nach unten aus den Einschnitten der Platten hervor, und halten den Muskel zwischen die beiden Platten eingespannt. Um nun dem eingeführten Muskel zunächst seine vorher gemessene natürliche Länge geben zu können, trägt der eine der drei Stäbe D eine Millimetertheilung, wie in der Abbildung angedeutet, und mit Hülfe der Belastung

der Wagschalen kann der Muskel leicht auf seine ursprüngliche Länge eingestellt werden.

Soll der Muskel dann gedehnt werden, so wird die Wagschale rechterseits weiter belastet und an der Millimeterskala der Grad der Dehnung abgelesen. Jeden Augenblick kann der Muskel wieder auf seine natürliche Länge zurückgeführt werden. Handelt es sich um sehr starke Dehnung und reicht dazu die mittelst des Fadens wirkende Belastung der Wagschale rechterseits nicht aus, so wird der horizontale bewegliche Messingbalken *G* benutzt, welcher von unten nach oben gegen den Rahmen drücken kann, in welchen die drei Messingstäbe *E E E* zusammenlaufen, und so die Elfenbeinplatte *B* hinaufschiebt und in beliebiger Stellung fixirt erhalten kann.

Soll der Muskel comprimirt werden, so wird die Wagschale linkerseits belastet, wodurch die Platte *B* herabgezogen wird und auf den Muskel in der Richtung seiner Fasern drückt. Doch sind dabei noch einige Punkte zu berücksichtigen. Gesetzt, der Muskel befinde sich ursprünglich in leicht gespanntem Zustande, und die Platte *B* soll nun auf ihn drücken, dann wird sich möglicherweise zuerst die obere Platte nur längs der einen Sehne des Muskels verschieben, ohne schon auf den Muskel zu wirken, und ebenso die untere Sehne sich weiter aus dem Einschnitt der untern Platte hervorschieben, und erst wenn beide Platten mit dem Rande ihres Ausschnitts einen dickern Theil des Muskels umfassen, würde der Druck der Platte *B* comprimirend wirken können. Um dieses Stadium der vergeblichen Senkung der Platte *B* von vorn herein zu vermeiden, wird die untere Sehne des Muskels einigermassen belastet durch ein dicht unter der Platte *A* angehängtes geringes Gewicht, welches bewirkt, dass der Muskel gleich von Anfang auf der unteren Platte ruhet, sich auf dieselbe stützt; und die obere Sehne des Muskels wird ebenfalls durch Einhäkelung an einen unterhalb *F* befindlichen Haken (welcher in der Abbildung zu zeichnen versäumt ist) aus dem Einschnitt der Platte *B* so weit hervorgezogen, dass die Platte *B* von vorn herein dem Muskel so zu sagen auf den Schultern ruhet, und nun also die Herabsenkung der Platte *B* sofort auf den Muskel comprimirend wirkt. Bei dieser Compression aber würde sich leicht der Muskel in die Einschnitte der beiden Platten hineinquetschen und sich so der Compression in der Längsrichtung entziehen können: um dies zu vermeiden, befinden sich auf jeder Fläche der beiden Platten neben den Einschnitten kleine drehbare

Riegel von Elfenbein, von denen die beiden der oberen Flächen in der Abbildung gezeichnet sind; diese Riegel können den mittlern kreisförmigen Theil der Einschnitte, durch welchen eben die Sehnen verlaufen, in einen cylindrischen Canal verwandeln, d. h. von dem äussern Theil des Einschnittes absperren.

In diesen Apparat wurde der Muskel eingeführt, nachdem die Fäden zur Ableitung in oben angegebener Weise an ihm befestigt waren; gewöhnlich war die Achillessehne die untere und zugleich die zur Ableitung dienende, dann verlief der betreffende Faden unterhalb der Platte A; der um den Muskelbauch geschlungene Faden wurde natürlich zwischen den beiden Platten A und B heraus zu seinem Zinkgefäss geleitet. Die Zinkgefässe fanden mit den nöthigen Unterlagen auf dem Fussbrette des Apparats in passender Nähe des Muskels Platz. Wie leicht ersichtlich konnte der Apparat nicht nur zu Compressionen und Dehnungen des Muskels benutzt werden, sondern auch zu Contractionsversuchen.

Wenn sich der zwischen die Elfenbeinplatten eingespannte Muskel contrahirt, so zieht er die Platte B herab und hebt dadurch das Gewicht der Wagschale rechterseits. Man kann die Belastungen der beiden Wagschalen so reguliren, dass der Muskel nach einer einmaligen Contraction sofort wieder auf seine natürliche Länge ausgedehnt wird, aber auch so, dass, wenn der Muskel die Platte B um ein Gewisses herabgezogen hat, dieselbe nun auch in dieser neuen Lage verharret, obwohl der Muskel nicht mehr zieht. Sollen Contractionsversuche angestellt werden, so wird natürlich der Nervus ischiadicus und zwar möglichst lang mit präparirt. Wenn der Muskel an der obern Platte durch den untern Theil des Femur getragen wird, so durfte man ohne Sorgen den Nerven mit der Sehne durch den Einschnitt der obern Platte hindurchtreten lassen. Quetschung des Nerven war nicht zu befürchten, weil der Ausschnitt Raum genug darbot. Der Nerv kann dann auf der obern Fläche der Platte B verlaufen, und von da nach den in die Nähe gebrachten Elektroden, deren Träger ebenfalls auf dem Fussbrette des Apparats Platz findet.

Endlich war es auch noch möglich, an den zwischen den Elfenbeinplatten eingespannten Muskel ausser den genannten Vorrichtungen auch noch den Nerven eines stromprüfenden Froschschenkels anzulegen, welcher letztere durch ein auch noch auf dem Fussbrette des Apparates Platz findendes Stativ mit Glasplatte getragen wurde.

Besonders hervorzuheben ist noch, dass, wie leicht ersichtlich, bei der ganzen Einrichtung der Versuche die Möglichkeit gegeben war, in unmittelbarer Folge an ein und demselben Muskel alle für unsere Untersuchung in Betracht kommenden Versuche vorzunehmen und beliebig oft zu wiederholen, und ferner die Möglichkeit, zwischen den verschiedenen Versuchen immer wieder den Muskel in seiner natürlichen Länge und Ruhe zu prüfen.

Es sollen nun zunächst einige Versuchsreihen als Beispiele und Belege mitgetheilt werden für die in der frühern Mittheilung ausgesprochene Behauptung, dass die Compression des Muskels in der Richtung der Längsaxe regelmässig eine negative Schwankung zur Folge hat, die um so bedeutender ist, je stärker die Compression. Obwohl die Veränderung des elektrischen Verhaltens bei der Dehnung uns hier nicht so nahe interessirt, so sind doch auch dafür Beobachtungen mitgetheilt, wie sie eben zwischen und neben den Beobachtungen über Compression erhalten wurden.

Gastrocnemius des Frosches:

Ruhestand des Magneten	525	0	
Muskelstrom bei normaler Länge . .	350	175	
- - Dehnung um 1 Mm.	344	181	+ Schwankung.
- - Dehnung um 2 Mm.	322	203	+ -
- - normaler Länge . .	349	176	
- - Compression . . .	456	69	— Schwankung.
- - normaler Länge . .	350	175	
- - Dehnung um 2 Mm.	320	205	+ Schwankung.
- - Dehnung um 3 Mm.	314	211	+ -
- - Dehnung um 5 Mm.	339	186	+ - <
- - Dehnung um 7 Mm.	341	184	+ - <
- - Dehnung um 8 Mm.	345	180	+ - <
- - normaler Länge . .	350	175	
- - Dehnung um 4 Mm.	333	192	+ Schwankung.
- - normaler Länge . .	350	175	
- - Dehnung um 2 Mm.	320	205	+ Schwankung.
- - Dehnung um 6 Mm.	340	185	+ - <
- - normaler Länge . .	350	175	
- - Compression um 1 Mm.	360	165	— Schwankung.
- - Compression um 2 Mm.	372	153	— -
- - Compression um 3 Mm.	384	141	— -
- - Compression um 4 Mm.	397	128	— -
- - Compress. um 10 Mm.	440	85	— -
- - Compression im Max.	576	—56	Ausschlag im andern Sinne.
Ruhestand des Magneten	520	0	
Muskelstrom bei Compression im Max.	573	—53	Ausschlag im andern Sinne.
Ruhestand des Magneten	520	0	
Muskelstrom bei normaler Länge . .	345	175	

Gastrocnemius vom Frosch, 25 Mm.:

Ruhestand des Magneten	380	0	
Muskelstrom bei normaler Länge	128	252	
- - Compression um 3 Mm. . . .	153	227	— Schwankung.
- - Compression um 5 Mm. . . .	171	209	— -
- - Compression um 7 Mm. . . .	200	180	— -
- - Compression um 9 Mm. . . .	240	140	— -
- - Compression im Max.	354	26	— -

Gastrocnemius vom Frosch, 28 Mm.:

Ruhestand des Magneten	627	9	
Muskelstrom bei normaler Länge	568	59	
- - Compression um 2 Mm. . . .	581	46	— Schwankung.
- - Compression um 8 Mm. . . .	593	34	— -
- - Compression um 12 Mm. . . .	606	21	— -
- - Compression um 14 Mm. . . .	625	0	— -
Ruhestand des Magneten	625	0	
Muskelstrom bei Compression um 14 Mm. . . .	625	0	— -
Ruhestand des Magneten	625	0	
Muskelstrom bei normaler Länge	572	53	

In diesen drei Beispielen, welche zu vermehren hier nicht nöthig erscheint, sind in der ersten Columne der Reihe nach die Umstände aufgeführt, unter denen der Magnet beobachtet wurde; in der zweiten Columne sind die betreffenden Stände des Magneten nach der in 1000 Theile getheilten Skala notirt, wie sie unmittelbar abgelesen wurden, und zwar sind nicht die ersten Ausschläge des Magneten, sondern die Ruhestände, die vermöge der Dämpfung sehr rasch zu Stande kommen, notirt. In der dritten Columne ist der Ruhestand des Magneten $= O$ gesetzt und die Ablenkungen sind darauf bezogen in Summen von Skalentheilen ausgedrückt; alle Ablenkungen, welche in der gleichen Richtung lagen, wie die durch den normalen Muskelstrom bei natürlicher Länge des Muskels sind ohne Vorzeichen; wenn, wie in dem ersten Beispiele Ablenkungen im entgegengesetzten Sinne vorkamen, so sind diese in der dritten Columne mit dem — Zeichen notirt. In der letzten Columne endlich ist die Bedeutung der Differenz der Ablenkungen, als positive und negative Schwankung des Stroms bezeichnet.

In dem ersten Beispiele wurden zuerst hauptsächlich Dehnungen des Muskels vorgenommen. Die Dehnung ist jedes

Mal mit einer Zunahme der Ablenkung, einer positiven Schwankung verbunden, wie es in der Regel bei den Muskeln frisch eingefangener kräftiger Frösche der Fall ist. Aber diese positive Schwankung wächst nicht unbegrenzt bei wachsender Dehnung, sondern nimmt bei einem gewissen Grade der Dehnung wieder ab, wie das in der letzten Columne des ersten Beispiels durch das Zeichen < angedeutet ist. In diesem Verhalten liegt offenbar der Uebergang zu dem Verhalten, welches die Muskeln matter, lange in der Gefangenschaft gehaltener, nicht kräftiger Thiere zeigen, deren Dehnung, wie in dem Zusatz zu unserer ersten Mittheilung in dieser Zeitschrift angegeben wurde, in der Regel nicht mit einer positiven Schwankung, sondern sofort mit einer Abnahme der Ablenkung durch den ruhenden Muskelstrom verbunden ist.

Die Compression des Muskels ist, wie aus allen drei Beispielen ersichtlich, stets mit einer Abnahme der Ablenkung, mit einer negativen Schwankung verbunden, und hier gilt auch ohne Ausnahme, dass je stärker die Compression, desto grösser die negative Schwankung. Aus dem dritten Beispiele ist zu ersehen, dass diese negative Schwankung so gross werden kann, dass gar keine Ablenkung durch den Muskelstrom mehr übrig ist, und dass dies nicht etwa von einer äussern Störung herrührt, geht daraus hervor, dass, nachdem das eben genannte Factum zwei Mal nach einander constatirt war, und dann der Muskel wieder auf seine normale Länge gebracht wurde, die Wirkung des Muskelstroms, wie ursprünglich, nur um wenige Skalentheile vermindert, wieder vorhanden war. Aus dem ersten Beispiele am Ende ist zu ersehen, dass ein Muskel durch äusserste Compression auch sogar im umgekehrten Sinne wirksam werden kann, also die negative Schwankung zu einer Ablenkung in der entgegengesetzten Richtung umschlagen kann, was, wie die letzte Beobachtung des ersten Beispiels beweist, gleichfalls nicht etwa von äusseren Störungen oder von einer dauernden Veränderung des Muskels herrührte.

Es muss aber noch hervorgehoben werden, dass die Angaben in Millimetern über den Grad der Compression des Muskels nicht den gleichen Werth haben, wie die entsprechenden Angaben bei der Dehnung. Bei letzterer nämlich bedeuten die Angaben wirklich, dass die Länge der Muskelfasern um 2, 4 etc. Millimeter ausgedehnt wurde, abgesehen natürlich von einer gleichzeitigen Dehnung der Sehnen. Bei der Compression aber sind jene Angaben wesentlich nur deshalb hinzugefügt, um den Gang der Versuche zu zeigen, um zu bezeichnen,

ob schwächer oder stärker comprimirt wurde; nicht aber können die Millimeter-Angaben einen bestimmten Grad der Zusammendrückung bezeichnen, denn es ist ganz unvermeidlich, dass bei stärkerem Druck auf die obere Elfenbeinplatte der Muskel sich knickt. Man kann überhaupt den Zustand der Contraction, der Verkürzung der Muskelfasern durch Druck nur sehr unvollkommen nachahmen; die geringeren Grade der Verkürzung lassen sich wohl herstellen durch Compression, wenn man gehörig Sorge trägt, dass der Druck genau in der Richtung der Längsachse des Muskels wirkt; aber bei höheren Druckgraden ist mit der Compression immer eine Knickung und damit wahrscheinlich Dehnung einzelner Fasermassen verbunden. Dies aber hindert nicht, mit den Leistungen unseres Apparates in dieser Beziehung ganz zufrieden zu sein, weil die Beobachtungen eine grosse Constanz und Regelmässigkeit zeigen, und der Muskel bei den Versuchen nicht verletzt oder gar zerstört wird, sondern wesentlich seine normale Beschaffenheit beibehält und zurückgeführt auf seine natürliche Länge fast unverändert wieder die ursprüngliche Ablenkung durch den ruhenden Muskelstrom giebt.

Man kann aber, wie oben schon bemerkt, den Apparat auch so einrichten und benutzen, dass der Muskel sich durch eine einmalige active Contraction verkürzen und dann verkürzt bleiben muss. Zu diesem Zweck wird der Muskel mit erhaltenem Nerven in den Apparat eingespannt; der Nerv kommt auf die Electroden einer Inductionsrolle zu liegen und man reizt durch einen einmaligen Inductionsschlag. Der Muskel zieht dann die obere Elfenbeinplatte herab und damit die Wagschale rechterseits herauf, die Schale linkerseits herunter. Hat man nun die Belastungen der beiden Schalen so eingerichtet, dass diejenige linkerseits ein kleines Uebergewicht hat, welchem bis zu dem Augenblicke der Contraction die Reibung der Platte und Schnur das Gleichgewicht hält, so bleibt die durch den Muskel herabgezogene Platte liegen und man kann nun ablesen, bis zu welchem Grade der Muskel sich selbst comprimirt hat. Beobachtet man während dieses Vorgangs den Magneten, so zeigt sich im Moment der Contraction die bekannte negative Schwankung, deren erster Ausschlag stets grösser ist, als der erste Ausschlag der negativen Schwankung, welche man durch mechanische Compression auf die gleiche Länge bewirkt. Dann aber stellt sich der Magnet mit dauernder geringerer Ablenkung ein, und diese dauernde negative Schwankung ist genau gleich derjenigen mit welcher sich der Magnet einstellt, wenn man mechanisch den Muskel

comprimirt hatte. Also die ersten Ausschläge der negativen Schwankung sind verschieden bei einmaliger Contraction einerseits und bei Compression anderseits; jener ist grösser als dieser. Bemerkenswerth aber ist nun, dass, wenn man durch sehr rasche, plötzliche Compression möglichst den momentanen Ruck bei der Contraction nachzuahmen sucht, der erste Ausschlag der dadurch bewirkten negativen Schwankung grösser wird und sich mehr der Grösse desjenigen annähert, wie ihn die Contraction bewirkt. Um bei diesem Versuch aber nicht etwa auf einen höhern Grad zu comprimiren als geschehen darf, wenn der Versuch mit dem Contractionsvorgange vergleichbar bleiben soll, bringt man eine Stütze, eine Hemmung für die obere Elfenbeinplatte an, in der Höhe, bis zu welcher sie herabgedrückt werden darf. Man sieht also, dass das Ueberwiegen des ersten Ausschlages der negativen Schwankung bei einmaliger Contraction jedenfalls zum Theil in der Schnelligkeit begründet ist, mit welcher die Contraction die Zusammendrückung ausführt und mit welcher die Verminderung des elektrischen Verhaltens eintritt; denn annäherungsweise lässt sich ein ähnlicher Ausschlag erreichen durch Steigerung der Schnelligkeit, mit welcher man den Muskel auf den gleichen Grad mechanisch zusammendrückt. Indessen liegt es auf der Hand, dass diese Nachahmung immer nur eine sehr rohe und unvollkommene ist, namentlich wegen des bereits oben erwähnten Umstandes, dass bei dem Versuch der Zusammendrückung alsbald sich eine Knickung des Muskels hinzugesellt.

Wir haben anfänglich geglaubt, dass eine weitere Verfolgung der eben erörterten Art von Versuchen mit nicht fern liegenden Modificationen weitern Aufschluss für unsere Hauptfrage geben könnten; da wir aber später fanden, dass sich dieselbe auf weit einfachere Weise entscheiden lässt, so stehen wir davon ab, weiter auf obige Versuche einzugehen, welche doch ein entscheidendes Resultat zu liefern nicht im Stande sind.

Bevor wir zu anderen Versuchen übergehen, ist es nothwendig, daran zu erinnern, dass Du Bois-Reymond früher auch schon Versuche über den Einfluss der Compression des Muskels auf sein elektrisches Verhalten angestellt hat, von denen in den Untersuchungen über thierische Elektricität im zweiten Bande, erste Abtheilung pag. 134 u. f. gehandelt wird. Du Bois hat bei der Zusammendrückung des Muskels in der Richtung der Fasern keine constanten Resultate erhalten, in einem Theil der Versuche wurde eine Abnahme der

Ablenkung vom ruhenden Muskelstrom erhalten, in einem Theil Zunahme der Ablenkung; auch wurde während eines Versuches Uebergang von dem einen Erfolg in den andern beobachtet.

Da die Zahl der sorgfältig angestellten Versuche, in denen wir ohne Ausnahme und mit grösster Regelmässigkeit den erörterten Erfolg der Compression des Muskels beobachtet haben, eine ausserordentlich grosse ist, so können wir darüber durchaus nicht zweifelhaft sein, dass die Differenz zwischen den Beobachtungen Du Bois' und den unserigen nur in der Verschiedenheit des Versuchsverfahrens begründet sein kann. In dieser Beziehung aber müssen wir unsere Beobachtungen vorziehen, denn das ganze Verfahren des Versuchs, welches Du Bois einschlug, steht dem unserigen nach, sowohl was die Regulirung der Compression, die Controlirung der Integrität des Muskels, als was die Ableitung des dem Versuch unterworfenen Muskels nach dem Galvanometer betrifft, wovon man sich leicht überzeugt, wenn man die a. a. O. gegebenen Andeutungen über das nicht detaillirt mitgetheilte Verfahren Du Bois' nachliest. Man wird dabei auch sofort die Rechtfertigung dafür finden, dass wir gänzlich davon abstanden, Versuche in der Weise wie sie Du Bois ausführte, zu wiederholen.

Die Versuche, zu denen wir jetzt übergehen zerfallen in drei Gruppen:

1. Das Verhalten des gedehnten Muskels bei Tetanisirung des Nerven.

Die Einrichtung für diese Versuche ist im Wesentlichen schon bekannt aus der Beschreibung des auf Tafel I abgebildeten Apparates. Der Gastrocnemius wurde nach Application der Fäden zur Ableitung so zwischen die Elfenbeinplatten eingehängt, dass die Achillessehne nach unten gerichtet war. Zum Festhalten des Muskels zwischen den Platten diente an der obern Sehne das Kniestück des Femur, dessen Verbindung mit der Sehne in unseren Versuchen sich stets fest genug bewährte, auch bei den stärksten Dehnungen; dagegen bot die Insertion der Achillessehne an der Fusswurzel meistens nicht den nöthigen Grad der Festigkeit dar, indem bei sehr starker Dehnung häufig die Sehne vom Knochen sich löste: deshalb wurde meistens eine kleine starke Klemme an das untere Ende der Achillessehne gelegt, welche sich unter die untere Elfenbeinplatte stüzend die stärksten Dehnungen des Muskels

zuliess. Da die Dehnungen beträchtlich sein und möglichst rasch hergestellt und wieder aufgehoben werden mussten, so wurden nicht Belastungen der Wagschalen benutzt, sondern der horizontale bewegliche Balken, mit Hülfe dessen die obere Elfenbeinplatte heraufgedrückt wurde.

Da es darauf ankam zu untersuchen, wie sich die den Tetanus des Muskels begleitende negative Stromesschwankung verhält, wenn der Muskel durch dauernde Dehnung verhindert ist, sich zu verkürzen, so war es von grösster Wichtigkeit, dass man zu jeder Zeit sofort den Muskel wieder unter natürliche Bedingungen bringen konnte, um zu constatiren, dass der Muskel sich in seinen wesentlichen Eigenschaften noch normal verhielt, dass er, bei völlig gleicher Reizung des Nerven, auch nach der stattgehabten Dehnung noch in Tetanus gerieth und die negative Schwankung in normaler Weise zeigte. Die Möglichkeit solcher rasch ausführbaren Controle war besonders deshalb wichtig, weil man weiss, dass starke Dehnungen, wenn sie eine gewisse Zeit anhalten, den Muskel tödten, die physiologische Leistungsfähigkeit vernichten. Aus der Beschreibung unserer ganzen Versuchseinrichtung ist ersichtlich, wie leicht jene Controle ausführbar war, und wir heben besonders hervor, dass kein Versuch berücksichtigt wurde, bei welchem nicht nach der Beobachtung bei gedehntem Muskel constatirt worden war, dass derselbe noch vollkommen leistungsfähig war: zu erreichen ist dies, wenn man die Dehnung nicht zu lange anhaltend wirken lässt. Die vermöge der Dämpfung so rasche Einstellung des Magneten kommt bei diesen Versuchen ausserordentlich zu Statten.

Der Nerv lag während aller mit einem Muskel angestellten Versuche vor Vertrocknen geschützt, unverrückt auf den Elektroden der secundären Spirale eines Schlittenapparates; die Reizung geschah auf das Zeichen des Beobachters am Fernrohr durch Umlegen einer die secundäre Strombahn doppelt unterbrechenden Wippe.

Wurde nun in einem ersten Versuch die Contraction des Muskels freigegeben, darauf der stark gedehnte Muskel ebenso lange (nach einem Metronom gemessen) gereizt, darauf wieder der freigegebene Muskel, so zeigte sich ohne Ausnahme, dass die negative Stromesschwankung kleiner war, wenn der Muskel gedehnt war. Je stärker der Muskel ausgedehnt war, je vollkommener durch die Dehnung jede Formveränderung des Muskels bei der Tetanisirung des Nerven ausgeschlossen war, desto kleiner fiel die negative Stromesschwankung aus.

Es ist nicht leicht und gelingt nicht bei jedem Versuch, den Muskel so stark zu dehnen, dass gar keine mit blossem Auge sichtbare Formveränderung mehr eintritt beim Tetanus. Diesem extremen Falle vorher geht derjenige, dass der Muskel sich in einem Theile noch contrahirt auf Kosten anderer Abschnitte; noch bei sehr starker Dehnung, die die Insertion der Achillessehne meistens nicht aushält, pflegt sich der dickere obere Theil des Gastrocnemius, die nächste Umgebung der Stellen, wo die beiden für diesen Muskel bestimmten Nerven eintreten, zu contrahiren auf Kosten des untern dünnern Theils des Muskels, und bei manchen Muskeln konnten wir es, wenigstens bei der angewendeten immerhin beträchtlichen Reizung, gar nicht dahin bringen, jede Formveränderung unmöglich zu machen.

In manchen Versuchen aber wurde es durch Dehnung dahin gebracht, dass die negative Stromesschwankung während das Tetanus ganz ausblieb, während unmitelbar darauf derselbe Muskel freigegeben auf dieselbe Reizung des Nerven in starke Contraction gerieth und starke negative Schwankung zeigte. Dieses völlige Aufhören der negativen Schwankung bei Tetanus im gedehnten Zustande lässt sich nicht bei jedem Muskel beobachten, viele zeigen nur die Verminderung der Schwankung und auch diese ungleich gross. Analoge Unterschiede zwischen verschiedenen Muskeln werden unten noch zur Sprache kommen.

Als ganz sicher müssen wir das Resultat bezeichnen, dass die Verhinderung der Contraction, der Formveränderug des gereizten Muskels stets eine Verminderung der negativen Stromesschwankung bedingt, welche Verminderung so bedeutend sein kann, dass gar keine Abnahme der Ablenkung des Magneten während des Tetanus stattfindet. Es kann sogar das Gegentheil stattfinden, doch kommen wir darauf erst später zurück.

Da man die den Tetanus des Muskels begleitende negative Stromesschwankung, discontinuirlich gedacht, als die Ursache des secundären Tetanus betrachtet, so ist die nächste sich jetzt erhebende Frage die, wie es mit dem secundären Tetanus sei, wenn der primäre Muskel an der Contraction verhindert keine oder eine bedeutend geringere negative Stromesschwankung zeigt, als sonst. Schon oben wurde angedeutet, dass die Versuche über secundäre Zuckung sich sehr bequem anstellen lassen, während der primäre Muskel in jenen Apparat eingespannt ist: der secundäre Schenkel ruhete auf einer von

einem Träger gehaltenen Glasplatte und wurde in der Höhe dem eingespannten Muskel genähert, dass der Nerv des secundären Schenkels in den Raum zwischen den beiden Elfenbeinplatten hineinragend der Länge nach an den eingespannten Gastrocnemius gelegt werden konnte. Sorgfältig wurde beobachtet, dass der Nerv des stromprüfenden Präparats dem primären Muskel in gleicher Ausdehnung und Lagerung anlag während des gedehnten und nicht gedehnten Zustandes. Dass hier, wie bei allen Reizversuchen unipolare Wirkungen vollkommen ausgeschlossen waren, wurde stets durch besondere Controlversuche constatirt.

Nach unseren zahlreichen Versuchen ist die Regel, dass die Wirkung des primären Muskels im Tetanus auf den Nerven des zweiten Präparats stärker ist, wenn der primäre Muskel gedehnt, an der Verkürzung verhindert ist. Nicht immer ist diese Differenz deutlich, aber dann ist überhaupt keine Differenz zu beobachten. Die Methode, um sicher und zweifellos zu beobachten, dass die secundäre Reizung stärker ausfällt, wenn der primäre Muskel stark gedehnt ist, war folgende.

Für gewöhnlich verfällt, wie bekannt, der Muskel des zweiten Präparats in Tetanus, wenn der erste Muskel von seinem Nerven aus tetanisirt wird. Schwächt man aber den Tetanus des ersten Muskels durch Abschwächung der tetanisirenden Inductionsschläge bis auf einen gewissen Grad ab, so lässt sich erreichen, dass der Muskel des zweiten Präparats nur eine einzige Zuckung, secundäre Zuckung macht, dann nämlich, wenn der schwache Tetanus des ersten Mukels gerade beginnt. Schwächt man nun die Inductionsschläge noch etwas weiter ab, so bleibt auch diese secundäre Zuckung aus. Es wurde nun die Reizung des Nerven des ersten Präparates so eingerichtet, dass der dadurch erzeugte primäre Tetanus des nicht gedehnten Muskels eben zu schwach war, um noch jene einzelne secundäre Zuckung bei seinem Beginn zu veranlassen, so also, dass wenn die Inductionsschläge nur um Weniges verstärkt wurden, diese Wirkung auf das zweite Präparat eingetreten sein würde. Dann wurde sofort der primäre Muskel ausgedehnt, sein Nerv in ganz der gleichen Weise natürlich gereizt, und nun war es Regel, von der nur wenige Ausnahmen beobachtet wurden, dass jetzt jene secundäre Zuckung bei Beginn des Tetanus des (an der Verkürzung verhinderten) primären Muskels eintrat. Wurde gleich darauf der primäre Muskel wieder freigelassen, wie vorher in Tetanus versetzt, so blieb die secundäre Zuckung wieder aus, und so liess sich

dieser Wechsel an ein und demselben Muskel mehre Male wiederholen. Diese Art der Beobachtung lässt keinen Zweifel übrig, denn es handelt sich nicht um die Beurtheilung eines Mehr oder Weniger, eines stärkern oder schwächern Tetanus, sondern einfach um Auftreten oder Ausbleiben einer secundären Zuckung. Man könnte die Beobachtung vielleicht auch bei einmaliger Reizung des Nerven des primären Muskels mit einzelnem Inductionsschlage anstellen, doch ist man jedenfalls bei einer eine Weile andauernden Tetanisirung, da die Reizung verhältnissmässig schwach sein muss, mehr vor etwaigen Zufälligkeiten geschützt. Wenn obiges Resultat sich nur zuweilen, bei ein und demselben Muskel nicht constant herausstellte, so würde man natürlich zunächst den Verdacht hegen müssen, dass in solchen seltenen Fällen sich vielleicht der secundäre Nerv bei der Dehnung des Muskels, dem er anliegt, durch eine kleine Verschiebung günstiger gelagert habe und deshalb die secundäre Wirkung stärker sei; dieser Verdacht kann aber nicht gehegt werden, wenn obiges Resultat sich als Regel ergiebt, bei verschiedener Art der Anlagerung des secundären Nerven und ausserdem, wenn man sich überzeugt hat, wie einflusslos es ist für die secundäre Zuckung, resp. Tetanus, ob der in günstiger Weise und in grosser Ausdehnung angelagerte secundäre Nerv sich um ein Weniges abhebt oder weiter anlegt: endlich kamen, wie schon bemerkt, solche Lagenänderungen gar nicht ein Mal vor.

Mehre Male wurde wahrgenommen, dass die Differenz der secundären Wirksamkeit zu Gunsten des ausgedehnten Muskels deutlicher oder überhaupt erst hervortrat, nachdem einige Male der Wechsel zwischen Tetanus des freigelassenen und des gedehnten Muskels stattgefunden hatte, ohne dass jedoch diese Versuche dann den Muskel schon irgend merklich alterirt hatten. Dass man die Reizungen und Dehnungen nicht länger, als nöthig ist, anhalten lässt, versteht sich von selbst.

Das Gesammtergebniss dieser ersten Gruppe von Versuchen ist also in der Kürze das, dass die Grösse der negativen Stromesschwankung abnimmt, die Grösse der secundären reizenden Wirkung auf das stromprüfende Präparat dagegen zunimmt, wenn der Muskel im ausgedehnten statt im natürlichen Zustande in Tetanus versetzt wird.

Dieses Resultat aber kann noch in doppelter Weise gedeutet werden, und die folgenden Versuche müssen erst entscheiden, welche der beiden möglichen Deutungen die richtige ist.

Die in dem vorstehenden Abschnitte berichteten Versuchsergebnisse stehen in Widerspruch zu betreffenden Angaben Du Bois'. Derselbe hat, wie im II. Bd. p. 65 und speciell p. 73 der Untersuchungen über thierische Elektricität berichtet wird, beobachtet, dass der Erfolg, d. h. die negative Stromesschwankung bei gedehntem Muskel genau der nämliche war, als ob der Muskel sich wirklich hätte zusammenziehen können; und pag. 133 sagt Du Bois, dass die secundäre Zuckung vom unbeweglich ausgespannten Muskel zwar sehr lebhaft, aber doch an Stärke derjenigen nachstehend gewesen sei, welche vom erschlafften Muskel erhalten wurde.

Die Ursache dieses Widerspruchs zwischen Du Bois' früheren Beobachtungen und den unsrigen vermögen wir nicht anzugeben. Erlaubt aber ist es wohl, daran zu erinnern, dass alle Hülfsmittel für derartige Versuche, Galvanometer, Zuleitungsvorrichtung, Ableitungsvorrichtung u. s. w. sich wesentlich vervollkommnet haben seit der Zeit, zu welcher Du Bois jene wohl jedenfalls mehr beiläufig berücksichtigten Versuche anstellte, und ferner kommt vielleicht in Betracht, dass Du Bois nicht im Stande war, bei der von ihm angewendeten Versuchsmethode mit demselben Muskel jetzt im natürlichen Zustande, unmittelbar darauf im gedehnten Zustande, dann wieder sofort im nicht gedehnten Zustande denselben Versuch anzustellen; wird aber ein Muskel eine längere Weile ausgedehnt gehalten, so erhält er, wie wir uns überzeugt haben, eine in Betracht kommende bleibende Dehnung, und er ist vermöge dieser dann einer Formveränderung fähig, die er im ersten Augenblick bei der gleichen Entfernung seiner Endpunkte nicht eingehen konnte. Während dieser Umstand und die Langsamkeit der Beobachtungen am Nobili'schen Multiplicator, die Polarisation der früheren Zuleitungsvorrichtungen, welche vielleicht feinere Unterschiede in der Grösse negativer Schwankungen verdecken konnten, vielleicht in Betracht kommt für die erste Reihe der hier erörterten Versuche, so darf bezüglich der Beobachtungen über die secundäre Zuckung auf die Zuverlässigkeit der oben angegebenen Versuchsmethode gegenüber der Vergleichung zweier Zuckungen oder gar nur gegenüber der Beurtheilung, ob eine Zuckung von einem ausgedehnten Muskel veranlasst, stärker oder schwächer gewesen sei, als die analoge Zuckung sonst zu sein pflegte, hingewiesen werden. Für die Beantwortung unserer Hauptfrage sind nun aber die folgenden Versuche von viel grösserer Wichtigkeit.

2. Ueber das Verhalten des frei hängenden Muskels bei einzelnen oder rasch einander folgenden Contractionen.

Der Einfluss der Muskelcontraction auf das elektrische Verhalten des Muskels wurde bisher immer nur studirt an solchen Muskeln, die in scheinbar dauernder Contraction im Tetanus gehalten wurden. Der Nobili'sche Multiplicator mit der Doppelnadel erwies sich auch in der entwickelten Form, wie sie Du Bois einführte, als nicht geeignet, die vorauszusetzende sehr rasche Veränderung des Muskel-Stromes bei einer einzelnen Contraction anzuzeigen: man sah sich daher genöthigt, die Wirkungen dieser Veränderungen in rascher Folge sich summiren zu lassen, um so eine Wirkung auf die Nadel zu erzielen. Man wendete dazu das Tetanisiren des Nerven an, sei es auf elektrischem Wege mit Hülfe des sehr rasch vibrirenden Neef'schen Hammers, sei es mit Hülfe einer ähnlichen Einrichtung zu mechanischer Reizung oder endlich auch die sehr rasch aufeinander folgenden Reizungen bei der Diffusion eines den Nerven chemisch reizenden Agens.

Das Galvanometer, dessen wir uns bedienten, besitzt neben anderen Vorzügen nun auch den, dass der sehr empfindliche Magnet geeignet ist, auch auf sehr rasch vorübergehende und schwache Impulse mit einer deutlichen und, bei der bekannten Beobachtungsweise, messbaren Bewegung zu antworten. Wenn auch nicht bei jedem zum Versuch benutzten Muskel, so doch bei den meisten haben wir von jeder einzelnen Zuckung, wie sie durch einzelne den Nerven treffende Inductionsschläge ausgelöst werden, eine deutliche Wirkung auf den Magneten beobachten können. Bevor von der Art dieser Einwirkung die Rede ist, muss die Versuchsanordnung näher beschrieben werden. —

Wenn ein Muskel von seinen natürlichen Befestigungen abgelöst ganz frei an einem Haken aufgehängt wird und dann vom Nerven aus einzelne Zuckungen ausgelöst werden, so dehnt sich der Muskel nach Ablauf der momentanen Zuckung einigermassen langsam wieder aus, er bleibt eine Weile noch gewissermassen geschrumpft, also im comprimirten Zustande. Dies sollte vermieden werden, und der Muskel wurde deshalb durch ein leichtes Gewicht, wenige Grammes, nur so viel belastet, dass er unmittelbar nach der Contraction wieder auf seine frühere Länge ausgedehnt wurde. Das Gewicht war nicht so schwer, dass es im Fallen den Muskel über seine natürliche Länge dehnen konnte, es beförderte nur grade die

passiv erfolgende Wiederausdehnung nach der Contraction. Der so an einem durch das Knochenstück der einen Sehne geführten Haken ganz frei aufgehängte Gastrocnemius wurde mittelst der Fäden, wie früher, abgeleitet, und der Nerv lag auf einem Elektrodenpaar. Durch dieses sollten dem Nerven bald einzelne Inductionsschläge, bald tetanisirende Schlagfolgen zugeführt werden, und wurde zu dem Zweck die auf der zweiten Tafel gezeichnete Anordnung getroffen.

C und *B* sind die primären Rollen zweier Inductionsapparate (Schlittenapparate); der Strom des Elements *E* kann unter Benutzung der Wippe *F* (ohne Kreuz), wie man sieht, entweder der Rolle *C* oder der Rolle *B* zugeführt werden. Das Hämmerchen der Rolle *C* ist frei, so dass bei Zuführung des Stromes das Hämmerchen seine Vibrationen macht und in der secundären Rolle *D* die rasch folgenden und wechselnden Inductionsströme entstehen, welche mit Hülfe der Wippe *K* (ohne Kreuz) zu den Elektroden *L* gelangen, oder auch unterbrochen werden können. Dieser Theil des Apparates dient also zum Tetanisiren des Nerven. Das Hämmerchen der Rolle *B* ist festgestellt, so dass die Leitung durch dasselbe stets gegeben ist. Auf dem Wege von der Wippe F zu *B* ist die Wippe *H* (ohne Kreuz) eingeschaltet, welche von der Hand dirigirt, die Stelle des Hämmerchens vertritt, sofern durch diese Wippe der primäre Strom nach Belieben geschlossen und geöffnet werden kann, in jedem beliebigen Tempo bis zu einer gewissen Grenze. Jeder Schluss und jede Oeffnung inducirt in derselben schon vorher erwähnten Rolle *D* einen Strom, und so hat man es also mit Hülfe der beiden Wippen *F* und *H* ganz in der Hand, den Nerven zu tetanisiren, und unmittelbar darauf mit einzelnen Inductionsschlägen zu reizen, in beliebigem Wechsel, ausserdem aber auch durch rasches Bewegen der Wippe *H* die rasche Folge der Inductionsströme, wie sie der Neef'sche Hammer gewährt, durch eine langsamere Folge, zu gleichsam unvollkommener Tetanisirung, zu ersetzen.

Wenn man, wie es unvermeidlich ist, die elektrischen Reizapparate in demselben Raume und in der Nähe des Galvanometers aufgestellt hat, so ist es natürlich dringend nothwendig, sich auf das sorgfältigste und sicherste davon zu überzeugen, dass diese Apparate durchaus nicht auf den Magneten des Galvanometers wirken. Wir haben die bezüglichen Controlversuche bei jeder Versuchsreihe und oft wiederholt ausgeführt, und ganz besonders war in dieser Beziehung die grösste Sorgfalt bei den jetzt in Rede stehenden Ver-

suchen nothwendig, wie sogleich ersichtlich sein wird. Es versteht sich, dass wir der eben gestellten Forderung vollkommen genügt haben und die völlige Sicherheit hatten, dass keine derartige Wirkungen den Magneten trafen. Man muss vor Allem die Leitung des constanten Stroms berücksichtigen, und es war zweckmässig die Eisenkerne aus den Inductionsrollen zu entfernen, was wir um so lieber thaten, als wir überhaupt mit schwachen Inductionsströmen zu arbeiten vorzogen.

Wenn nun der Nerv des Gastrocnemius mit einem einzelnen Inductionsschlage gereizt wurde, so wurde der Magnet, welcher vorher in der constanten Ablenkung durch den ruhenden Muskelstrom gehalten wurde, um einige Skalentheile weiter abgelenkt in demselben Sinne, in welchen der ruhende Muskelstrom ihn abgelenkt hatte. Eine kleine positive Schwankung, wie wir sie vorläufig nennen wollen, begleitete jede einzelne Contraction; die Grösse derselben konnte bis zu 5 Skalentheilen betragen, oft war sie kleiner, und es kamen auch Muskeln vor, von denen diese Wirkung nicht deutlich erhalten wurde. Die kleine positive Schwankung ist am besten zu vergleichen, auch was die Grösse derselben betrifft, mit der Wirkung, welche es hatte, wenn man eine geriebene Glas- oder Siegellackstange sich durch die Rolle des Galvanometers entladen liess.

Wenn man die einzelnen Inductionsstösse mit einer gewissen Schnelligkeit auf einander folgen liess, so war es leicht zu bewirken, dass der Magnet, noch ehe er von der ersten kleinen positiven Schwankung zurückgekehrt war, einen neuen Anstoss, und wieder einen u. s. f. erhielt, so dass er in Absätzen, die den einzelnen Reizungen entsprachen, in dem positiven Sinne sich fortbewegte. Steigerte man dann die Schnelligkeit der Reizfolge (durch die Bewegung der Wippe H) noch mehr, so liess sich erreichen, dass der Magnet ohne Absätze ruhig einen grössern positiven Ausschlag machte, der bis zu 40 Skalentheilen und darüber betragen konnte, relativ also sehr bedeutend war. Durch die Bewegung der Wippe H konnten in der Sekunde bis zu 12 Inductionsstösse ertheilt werden.

Es gab nun Muskeln, welche auch bei der grössten, mittelst der Wippenbewegung zu erreichenden Schnelligkeit der Reizfolge immer noch jene positive Schwankung des Magneten bewirkten; wenn aber dann sofort durch Umlegen der Wippe F der Neef'sche Hammer der andern Rolle die Unterbrechung des primären Stromes übernahm, so erfolgte, wie immer, die

bekannte negative Schwankung: der Muskel war dann im eigentlichen Tetanus, während er vorher bei der, gegenüber der durch den Neef'schen Hammer bewirkten, immer nur geringen Schnelligkeit der Reizfolge nicht in scheinbar continuirlicher Contraction war, sondern deutlich zitterte.

Noch schöner aber gestaltete sich der Versuch bei solchen Muskeln, bei denen schon die Zahl von etwa 12 Inductionsstössen in der Secunde hinreichte, um zu bewirken, dass der Magnet die negative Schwankung machte. Dann hatte man die ganze Reihe von Erscheinungen in der Hand, lediglich durch verschiedene Geschwindigkeit der Bewegung der Wippe *H*. Zuerst ganz vereinzelte Reize: — einzelne positive Schwankungen; darauf die Reize in solcher Folge, dass der Magnet sich absatzweise im positiven Sinne bewegte; darauf bei geringer Steigerung der Schnelligkeit der Reizfolge grössere continuirliche Bewegung im positiven Sinne: nun sah man bei allmäliger Steigerung der Schnelligkeit der Wippenbewegung den Magneten in seiner positiven Bewegung anhalten und eine kleine Weile stillstehen, gewissermassen unentschieden, wohin er sich wenden sollte; endlich bewirkte dann die letzte Steigerung der Schnelligkeit der Reizfolge die Umkehr, die negative Schwankung. —

Wie schon bemerkt, darf man nicht erwarten, diese merkwürdigen Erscheinungen bei jedem Muskel sofort deutlich beobachten zu können, denn es giebt Muskeln, bei denen die Veränderung, welche die negative Schwankung verursacht, so stark und prävalirend wirkt, dass dadurch die Wirkung des Vorganges, welcher die positiven Schwankungen verursacht, verdeckt wird; doch haben wir bei dem bei weitem grössern Theil der vielen von uns untersuchten Muskeln die Erscheinungen, wie eben beschrieben, beobachten können.

Mit den eben erörterten Beobachtungen liess sich wiederum die Beobachtung der secundären Zuckung verbinden. Diese erfolgte, wenn der Magnet des Galvanometers Nichts Anderes anzeigte, als die kleine Ablenkung im positiven Sinne. Obwohl wir erst nach der Darstellung aller Versuche zu den daraus zu ziehenden Schlüssen übergehen wollen, so mag doch gleich daran erinnert werden, dass, wenn man den Vorgang, welcher die kleine positive Schwankung des Magneten bewirkt, für identisch halten will mit demjenigen, welcher die secundäre Zuckung bewirkt, dem nicht etwa die Kleinheit jener positiven Schwankung im Wege steht, denn eine elektrische Entladung, welche den Magneten nicht stärker ab-

lenkt, als jene positive Schwankung, kann sehr wohl reizend auf den Nerven wirken.

Dieselben Versuche, welche soeben für den frei hängenden, wenig belasteten Muskel beschrieben wurden, lassen sich mit dem gedehnten Muskel ausführen und geben dasselbe Resultat. Bei solchen Muskeln, welche an der Contraction verhindert waren, wurde beim Tetanisiren entweder, was schon oben erwähnt wurde, Stillstehen des Magneten, Verharren in der Ablenkung durch den ruhenden Muskelstrom, oder auch leichtes Hin- und Herschwanken beobachtet, in einigen Fällen aber auch starke positive Schwankungen, viel bedeutender zuweilen, als sie von frei hängenden Muskeln bei unvollkommenem Tetanus durch die Wippe beobachtet wurden.

Zur richtigen Deutung der vorstehend mitgetheilten Versuchsergebnisse ist nun noch nothwendig, die folgende Versuchsreihe zu berücksichtigen.

3. Ueber das Verhalten des pulsirenden Herzens.

Was schon Kölliker und H. Müller hervorhoben, als sie zuerst die Wirkung der Herzcontractionen auf die Magnetnadel und auf den stromprüfenden Froschschenkel beschrieben, gilt auch ganz besonders für unsere Untersuchung, dass man es nämlich mit einem Muskel zu thun hat, dessen Contractionen ohne künstliche Veranlassung, ohne Zuhülfenahme der Elektricität erfolgen und auch, wie wir noch hinzufügen, so leicht durch mechanische Reizung ausgelöst werden können.

Kölliker und Müller (Zweiter Bericht etc. p. 96) sahen, wenn sie das Froschherz in den Multiplicatorkreis eingeschaltet hatten, zuerst einen Ausschlag, bei welchem sich die Spitze des Herzens negativ gegen die Oberfläche an der Herzbasis oder gegen einen ohne Verletzung der Kammern an der Basis geführten Schnitt verhielt. Bei der ersten dann erfolgenden Systole flog die Nadel aus dem Quadranten, in welchem sie sich eingestellt hatte, zurück, über den Nullpunkt hinaus in den negativen Quadranten, und die späteren Contractionen bewirkten Schwankungen zwischen beiden Quadranten, bis sich die Nadel zuletzt nahe dem Nullpunkte einstellte, und dann bei jeder Systole einige Grade in den negativen Quadranten, bei der Diastole um eben so viel in den positiven Quadranten sich bewegte. Dass der etwaige Einwand, das Herz ändere seine Lage auf den Bäuschen und bewirke dadurch Aenderungen des Stromes, unbegründet sei, bemerkten schon Kölliker und Müller, und man kann sich davon

auch durch Controlversuche an nicht mehr pulsirenden Herzen überzeugen.

Die Beschreibung, welche die genannten Autoren gemacht haben, haben wir vollkommen zutreffend gefunden. Die Deutung jener Erscheinungen ist aber keineswegs sofort klar, die Annahme, dass es sich bei jenem Rückschwung und bei den späteren Oscillationen des Magneten um solche negative Schwankungen des ruhenden Muskelstroms handele, wie sie den Tetanus anderer Muskeln begleiten, musste von vorn herein bedenklich erscheinen, und sie hat sich auch in der That als völlig unrichtig erwiesen.

Zur genaueren Untersuchung ist ein Herz, welches wie gewöhnlich frisch ausgeschnitten rasch pulsirt, nicht geeignet, weil zu häufige Veränderungen der Bewegung des Magneten, veranlasst werden, die Impulse zu rasch wechseln. Abzuwarten, bis das Herz nach und nach matter wird und langsamer schlägt, ist natürlich auch kein gutes Auskunftsmittel. Dagegen kann man das ganz frische und kräftige Herz sehr leicht in ein höchst geeignetes Untersuchungsobject verwandeln, wenn man die Vorhöfe abschneidet und die Atrioventriculārganglien schont: ein solcher Ventrikel pulsirt nicht mehr spontan, wenigstens ist dies die Regel, wohl aber lässt sich durch die leiseste mechanische Reizung der Gegend, wo die Atrioventricularganglien liegen, jeden Augenblick eine Contraction auslösen, z. B. durch Berühren mit einer feinen Nadelspitze.

Zur Auflagerung des so präparirten Herzens wurden in die röhrenförmigen Ausläufer der Zuleitungsgefässe Papiercylinder, wie man sie durch Abschneiden passender Stücke von Zeichenwischern erhält, mit Zinklösung wohl durchtränkt, eingesetzt; auf ihre obere Fläche kamen scheibenförmige Stücke derselben Wischer zu liegen, die mit Eiweisslösung durchtränkt waren, und auf diese wurde der Ventrikel, einerseits mit der Spitze, anderseits mit Punkten der natürlichen Oberfläche in der Nähe der Basis aufgelegt.

Bei richtig geführtem Schnitt verharret das Herz auf den Bäuschen in Diastole, lässt sich aber momentan zu einer Systole durch Reizung der Atrioventricularganglien veranlassen. Wird nun der Galvanometerkreis während der Ruhe des Ventrikels mittelst des Schlüssels S geschlossen, so erhält man eine starke Ablenkung des Magneten, welche dem negativen Verhalten der Herzspitze entspricht. Nun kann man sich mit einem zweiten Beobachter darauf einüben, dass der eine in demselben Augenblicke den Schlüssel S, der nahe vor dem

Schluss gehalten wird, niederdrückt und den Kreis schliesst, in welchem der zweite mit einer Nadelspitze die Gegend der Atrioventricularganglien berührt, und bei der Berührung das Zeichen zum Schluss giebt. Wenn diese Uebereinstimmung möglichst vollkommen gelingt, und man kann es dahin bringen, dass diess oft der Fall ist, so wird der Magnet nun durch das Herz im Moment der Reizung nach der entgegengesetzten Seite hin abgelenkt, und zwar sehr stark. Also kurz: der ruhende Herzmuskel lenkt den Magneten aus seinem Nullpunkte nach Rechts ab, derselbe Herzmuskel, im Begriff sich zu contrahiren, lenkt den Magneten aus seinem Nullpunkte nach Links ab. Die Spitze des ruhenden Herzens verhält sich negativ gegen die Basis, die Spitze des zur Contraction sich anschickenden Herzens dagegen positiv, oder ein Strom, dessen Richtung dem positiven Verhalten der Spitze entspricht, ist so prävalirend, dass er den Strom des ruhenden Herzens überwiegt und in der Erscheinung verdeckt. Nach diesem verkehrten Ausschlage schwingt der Magnet, wenn keine neue Systole folgt über den Nullpunkt auf die andere Seite, und stellt sich hier in der Ablenkung durch den ruhenden Herzstrom ein.

Wenn aber die Uebereinstimmung zwischen den beiden Beobachtern nicht ganz vollkommen ist, so tritt folgendes ein: schliesst der Eine den Stromkreis etwas zu spät, d. h. zu einer Zeit, wo die Systole schon sichtbar ist, so bekommt der Magnet zuerst einen Stoss nach Links, der ihn rasch und kräftig nur eine kleine Strecke weit führt, dann kehrt der Magnet plötzlich um und giebt den Ausschlag vom ruhenden Herzstrom. Man kam zu spät, und fing von dem der Thätigkeitsentwicklung im Herzmuskel entsprechenden elektrischen Vorgange gewissermassen nur das Ende noch auf. Wenn umgekehrt der Stromkreis etwas zu früh geschlossen wird, so wird der Magnet zuerst eine kleine Strecke im Sinne des ruhenden Herzstromes abgelenkt, und erhält dann plötzlich einen starken Stoss, der ihn rasch und weit auf die andere Seite des Nullpunkts treibt.

Lässt man zuerst den ruhenden Ventrikel seine Ablenkung hervorbringen, sei es nach Rechts, und veranlasst man dann eine Systole, so geht der Magnet rasch und kräftig nach Links über den Nullpunkt hinaus, und lässt man nun in nicht zu rascher Folge die Contractionen sich wiederholen, so wirft jede Einleitung zur Systole den Magneten nach Links, und während der Diastole kehrt er um nach Rechts; ob er bei diesem Rückgang über den Nullpunkt hinaus auf die

rechte Seite der Scala gelangt, und also dann um den Nullpunkt oscillirt, oder ob er seine Oscillationen ganz auf der linken Seite der Scala ausführt, hängt theils von der Grösse des ersten nach Links gerichteten Ausschlages, theils von der Schnelligkeit der Contractionsfolge ab. Immer kann man bei diesen Oscillationen deutlich unterscheiden, dass die Umkehr des Magneten nach Links, der Systole entsprechend, ein Ruck ist, der plötzlich den im Zurückgehen begriffenen Magneten stösst, dagegen die Umkehr nach Rechts, der Ruhe entsprechend, ein Umkehren wie das des schwingenden Pendels ist, gewissermassen passiv zu nennen gegenüber jenem activen, dem plötzlichen Stoss.

Es versteht sich von selbst, dass man ganz dieselben Erscheinungen beobachtet, wenn das Herz spontan sich contrahirt, und das Bild der Erscheinungen, wie sie das unverletzte pulsirende Herz gewährt, braucht nun nicht weiter erklärt zu werden.

Von grosser Wichtigkeit aber ist nun noch folgende Beobachtung. Man kann wiederum mit der Beobachtung des Magneten die der secundären Zuckung verbinden. Es zeigt sich, dass in demselben Augenblicke, in welchem der Magnet den Stoss nach Links erhält, die secundäre Zuckung erfolgt: Die secundäre Zuckung aber, das ist bekannt, geht dem Sichtbarwerden der Systole voraus. Auch jener Stoss, der den Magneten trifft, fällt nicht mit der sichtbaren Systole zusammen, sondern geht derselben voraus; zwei Beobachter, von denen der eine den Magneten im Fernrohr, der andere das Herz und den mit seinem Nerven darauf gelegten Froschschenkel beobachtet, können diese zeitlichen Verhältnisse der Erscheinungen leicht constatiren.

Das also, was man für eine sog. negative Schwankung des ruhenden Herzstroms gehalten hat, ist in der That keine solche, sondern ist ein selbstständiger, neuer, elektrischer Vorgang, welcher sich am Galvanometer zu erkennen giebt als ein kräftiger Strom, der die entgegengesetzte Richtung hat von dem ruhenden Muskelstrom des Herzens. Dieser neue momentane Strom, eine Entladung, ist es, welcher den Nerven des stromprüfenden Froschschenkels reizt, diese Entladung geht der Contraction voraus. Eine Abnahme des ruhenden Herzstroms entsprechend dem Moment der Zusammendrückung des Herzmuskels, also eine eigentliche negative Schwankung, ist am Galvanometer ebensowenig zu beobachten, wie eine solche negative Schwankung von einem andern Muskel be-

obachtet wird, der sich einzeln, d. h. nicht tetanisch, contrahirt und nicht etwa in dem geschrumpften Zustande erhalten wird.

4. Schlussfolgerungen.

Aus den sämmtlichen unter 1, 2 und 3 dargestellten Beobachtungen ziehen wir folgende Schlüsse:

Während der (aus quergestreiften Fasern bestehende) Muskel aus dem ruhenden in den thätigen Zustand übergeht, findet eine Elektricitätsentwicklung statt; die plötzlich entstehenden elektrischen Spannungen gleichen sich durch einen der Oberfläche des Muskels passend angelegten Leiter aus, der Muskel entladet sich mit einem Zweigstrom, wie eine geladene Leydener Flasche, durch einen angelegten Draht, und der momentane Strom oder die Entladung bewirkt eine Ablenkung des Magneten des Galvanometers; er entladet sich durch den Nerven des stromprüfenden Froschschenkels und reizt denselben. Diese den Uebergang in den contrahirten Zustand characterisirende Elektricitätsentwicklung im Muskel ist unabhängig von dem sog. ruhenden Muskelstrom, d. h. besteht nicht in einer plötzlichen Zunahme der im ruhenden Zustande vorhandenen Spannungen, sondern ist etwas zu diesen neu und selbstständig Hinzukommendes: Beim Herzmuskel hat der Entladungsstrom die umgekehrte Richtung gegenüber dem Strom des ruhenden Herzens, beim Gastrocnemius hat der Entladungsstrom die gleiche Richtung mit diesem. Die Elektricitätsentwicklung des thätigen Muskels geht dem Sichtbarwerden der Contraction voraus.

Die Contraction, sofern sie zu einer eine merkliche Zeit anhaltenden Compression des Muskels führt, bedingt ihrerseits eine Abnahme des nach dem Galvanometer abgeleiteten ruhenden Muskelstroms, eine negative Schwankung des ruhenden Muskelstroms, welche nicht den thätigen Zustand des Muskels charakterisirt, sondern die Folge, das Resultat der Thätigkeit des Muskels, nämlich den comprimirten Zustand; diese negative Schwankung tritt auch dann ein, wenn dem Muskel von Aussen her der comprimirte Zustand aufgezwungen wird; dagegen tritt die Entladung nur ein, wenn der Muskel veranlasst wird, lebendige Kraft zu entwickeln. Wenn der Muskel veranlasst wird, in rascher Folge immer wieder von Neuem lebendige Kraft zu entwickeln, d. h. wenn er in Tetanus geräth, so hat jede einzelne Reizung eine Elektricitätsentwicklung, eine Entladung zur Folge; diese rasch aufeinander

folgenden Entladungen bedingen den secundären Tetanus, und können am Galvanometer entweder als eine in Absätzen erfolgende Reihe von im gleichen Sinne stattfindenden Ablenkungen oder auch bei rascherer Summirung als eine continuirliche stärkere Ablenkung erkannt werden. Erfolgen aber die einzelnen Reizungen so rasch aufeinander, dass der Muskel zwischen den einzelnen Contractionen nicht Zeit hat, den comprimirten Zustand wieder aufzugeben, schliesst sich an die erste Compression sofort eine zweite ohne Intermission, so dass also der comprimirte Zustand ein dauernder wird, so macht sich die Folge der Zusammendrückung geltend, es tritt die Abnahme des ruhenden Muskelstroms ein, welche den Magneten ablenkt nach der Richtung, welche beim Gastrocnemius der Richtung, in welcher die Entladungsströme abzulenken streben, entgegengesetzt ist; es kann dann zunächst ein Stadium eintreten, in welchem diese beiden den Magneten angreifenden Kräfte sich das Gleichgewicht halten: dann sieht man den zuerst langsamer im Sinne der Entladungen sich bewegenden Magneten zum Stillstand kommen, eine Weile etwa im Stillstand verharren; wächst dann aber der Impuls von Seiten der negativen Schwankung noch mehr, so überwiegt dieser und der Magnet folgt nun diesem Impulse, die Ablenkung durch die Entladungen wird verdeckt, sie selbst kommen am Magneten nicht mehr zum Vorschein, wohl aber am stromprüfenden Froschschenkel, der noch immer die einzelnen Entladungen mit seinem Tetanus beantwortet. Dies ist die Erscheinung, wie man sie bisher allein beobachtet hatte.

Man sah beim Tetanisiren des Muskels einerseits die Ablenkung durch den ruhenden Muskelstrom eine Abnahme erleiden, man musste schliessen, dass eine negative Schwankung die Contraction begleite; man sah anderseits den stromprüfenden Schenkel in Tetanus gerathen: man schloss mit Recht, dass dieser secundäre Tetanus durch elektrische Reizung des secundären Nerven veranlasst wird; die negative Schwankung erschien als der Ausdruck dieses reizend wirkenden elektrischen Vorganges; da aber der secundäre Tetanus einen discontinuirlichen elektrischen Vorgang zur Erklärung erforderte, so schloss man, dass die negative Schwankung nur das Resultat einzelner in rascher Folge sich summirender Schwankungen des ruhenden Muskelstroms mit Prävaliren des absteigenden Theiles der Schwankungscurven sei; und da nachgewiesen wurde, dass die secundäre Zuckung der sichtbaren Contraction vorausgeht, so schloss man, dass auch die Schwankung des

ruhenden Muskelstroms der Contraction vorausgehe. Die einzelne Schwankung, wie sie von einer einmaligen Contraction erfolgend angenommen werden musste, so fern die secundäre Zuckung erfolgt, musste man sich so schnell erfolgend vorstellen, dass der Magnet des Galvanometers ihr zu folgen nicht im Stande sei. Dies ist in der Kürze die bisherige Lehre. Ueberblickt man genau, was in derselben positive Thatsache, Beobachtung ist, und was nur eine dem bisherigen Standpunkte vollkommen angemessene und den gegebenen Verhältnissen nach richtig erscheinende Schlussfolge ist, so erkennt man leicht, dass unsere neue Lehre nur den früheren Schlussfolgerungen, nicht aber den früheren Beobachtungen widerspricht; unsere Versuche haben das Beobachtungsmaterial vermehrt und dadurch sind andere, allerdings den früheren geradezu entgegengesetzte Schlussfolgerungen bedingt.

Die negative Stromesschwankung als einen discontinuirlichen Vorgang sich fernerhin vorstellen zu wollen, liegt jetzt gar kein Grund mehr vor, denn sie ist es nicht, welche den secundären Tetanus bewirkt, wie die Beobachtungen unter 2 gradezu beweisen. Ob die negative Stromesschwankung, wenn sie recht rasch, plötzlich stattfindet, an sich eine einmalige Reizung für einen Nerven abgeben kann, mag dahin gestellt bleiben, dies interessirt offenbar gar nicht weiter. Zur Erklärung der secundären Zuckung und des secundären Tetanus ist mit einem Wort die negative Stromesschwankung, welche dazu erst durch gewisse Annahmen, Hypothesen, so zu sagen passend hergerichtet werden musste, vollkommen überflüssig geworden, weil ein anderer den thätigen Zustand des Muskels begleitender elektrischer Vorgang, der sich ganz klar darstellt und nicht erst in seiner Beschaffenheit durch gewisse Annahmen ergänzt zu werden braucht, aufgefunden wurde, der sich gradezu als die Ursache der secundären Zuckung nachweisen lässt.

In dem Maasse, wie sich durch Befestigung der Enden des Muskels im gedehnten Zustande die Folge der Thätigkeit des Muskels, nämlich die Zusammendrückung verhindern lässt, in dem Maasse lässt sich auch die Abnahme des ruhenden Muskelstroms, die negative Stromesschwankung verkleinern, wie in den unter 1 mitgetheilten Beobachtungen angegeben ist. Wenn beim Tetanisiren des möglichst stark gedehnten Muskels gar keine Bewegung des Magneten stattfindet, so wird dieser Fall dahin zu deuten sein, dass die bedeutend verminderte negative Schwankung der Ablenkung, welche die in sehr rascher Folge stattfindenden Entladungen zu be-

wirken streben, grade nur das Gleichgewicht hält, nicht mehr überwiegt. Bei manchen Muskeln ist dieser Fall nicht zu erreichen, es überwiegt immer noch die negative Schwankung. Bei anderen ist aber auch der entgegengesetzte Fall zu erreichen, nämlich solche Verminderung der negativen Schwankung, dass die Ablenkung durch die Entladungen die Oberhand gewinnt. Diese verschiedenen Fälle, die hier bei verschiedenen Muskeln zur Beobachtung kommen, scheinen darauf hinzudeuten, was auch mit anderweiten Beobachtungen übereinstimmt, dass die Grösse der Abnahme des ruhenden Muskelstroms unter gegebenen Bedingungen bei allen Muskeln vielleicht ebenso wenig genau die gleiche ist, wie die Stärke der Entladungen beim Uebergang in den thätigen Zustand unter sonst gleichen Umständen, obwohl auf jene Erscheinungen, wie sie am Galvanometer zur Beobachtung kommen, natürlich auch mancherlei Zufälligkeiten in der Ableitung und anderen Bedingungen influiren können, worüber sich noch nichts Bestimmtes sagen lässt. Dass im Allgemeinen die Verminderung der negativen Schwankung durch Fixiren des Muskels die Wirkung der der Abnahme des ruhenden Muskelstroms entgegengesetzt gerichteten Entladungen begünstigt, zeigt sich nicht nur am Galvanometer, sondern, wie oben ausgeführt, in vielen Fällen auch auf's deutlichste am stromprüfenden Froschschenkel, wenn für diesen der Reiz zur secundären Zuckung stärker ausfällt bei stark gedehntem primären Muskel, als bei freigegebener Contraction. Weitere Untersuchungen müssen übrigens entscheiden, ob diese Begünstigung des Eintritts der secundären Zuckung durch Dehnung des primären Muskels nicht noch vielleicht einen andern Grund hat, an welchen man denken könnte. —

Hätten wir nur die Beobachtungen am Gastrocnemius, wie sie unter 2 dargestellt sind, so würde man vielleicht auf die Bezeichnung positive Schwankung des Muskelstroms für jene Erscheinung am Galvanometer verfallen können, obwohl man sich bei solcher Auffassung der Sache doch in die grössten Schwierigkeiten verwickeln würde wegen der bei andauernder Compression auftretenden negativen Schwankung. Die Beobachtungen am Herzen müssen aber sofort darauf führen, den elektrischen Vorgang, welcher den thätigen Muskel characterisirt, als unabhängig von und nicht in unmittelbarer Beziehung zu dem ruhenden Muskelstrom aufzufassen, denn beim Herzen erfolgt jene Entladung durch das Galvanometer in umgekehrter Richtung, so dass sie hier scheinbar eine negative Schwankung des ruhenden Muskelstroms bedingt, während sie beim Gastro-

cnemius scheinbar eine positive Schwankung desselben bedingt. Da schwerlich beide Vorgänge als ihrem Wesen nach ebenso entgegengesetzt angesehen werden können, vielmehr der Vorgang im Herzen und im Gastrocnemius als im Wesen gleich, so kann man nur schliessen, dass es sich um einen von dem ruhenden Muskelstrom unabhängigen elektrischen Vorgang handelt; warum bei der Elektricitätsentwicklung im Herzmuskel die Spannungen so vertheilt sind, dass der Entladungsstrom dem ruhenden Muskelstrom entgegengesetzt gerichtet ist, beim Gastrocnemius das Umgekehrte stattfindet, muss weiteren Untersuchungen zur Aufklärung anheimgestellt werden, wie denn überhaupt in Zukunft näher zu erforschen ist, wie die Spannungen bei der Electricitätsentwicklung an dem thätigen Muskel vertheilt sind; man kann die secundäre Zuckung wohl erhalten auch bei solcher Auflagerung des Nerven auf den Muskel, dass man dabei den ruhenden Muskelstrom nicht würde ableiten können.

Matteucci hat, wie bekannt, die secundäre Zuckung entdeckt, er nannte sie die inducirte Zuckung, und er hat sie stets als eine durch eine Entladung des primären Muskels bewirkte betrachtet, wie Becquerel, welcher die secundäre Zuckung zuerst der durch den elektrischen Fisch bewirkten verglich. Es ist aber ferner auch bekannt, dass Matteucci den Beweis für die Richtigkeit seiner Ansicht schuldig geblieben ist, und dass Du Bois mit vollstem Recht Matteucci's Auffassung als unbegründet zurückgewiesen hat, indem Du Bois, wie oben schon bemerkt, nach dem bisherigen Stande der Beobachtungen gleichfalls mit vollem Rechte die bekannte, oben schon berührte, allgemein angenommene Lehre aufstellte.

In dem Obigen ist schon ausgesprochen worden, dass wir auf die Richtigkeit der von Becquerel und Matteucci ohne Beweis aufgestellten Ansicht aus unseren Versuchen schliessen müssen. Der gereizte Muskel kann, sofern er eine elektrische Entladung von sich zu geben vermag, mit vollem Rechte dem gereizten elektrischen Organe der Zitterfische verglichen werden. Man kann das elektrische Organ ansehen als eine Modification des Muskels: während der gereizte Muskel lebendige Kraft entwickelt, kommt diese zum Theil als Wärme, zum Theil als Bewegung, Annäherung der Moleküle in bestimmter Richtung, und endlich zum Theil als Elektricität zum Vorschein, wenigstens ist diese Vorstellung möglich, wenn auch nicht die allein mögliche; das elektrische Organ entwickelt bei seiner Thätigkeit lebendige Kraft nicht in Form von Bewegung der ponderablen Masse, sondern dafür viel mehr in

Form von Elektricität; man könnte das elektrische Organ ansehen als einen Muskel, der durch seinen Bau so modificirt wäre, dass der Theil der lebendigen Kraft, welcher sonst als Contraction auftritt, ganz als Elektricität zum Vorschein kommt, in welcher Form beim gewöhnlichen Muskel nur ein verhältnissmässig kleiner Theil der lebendigen Kraft auftritt.

Wenn diese Auffassung zulässig ist, so sind dann auch die elektrischen Organe der Zitterfische nicht mehr eine ganz besondere Klasse physiologischer Apparate, welche im ganzen Thierreich nur durch so wenige Exemplare, wie Ausnahmen, repräsentirt wären, sondern es sind dann doch nur Modificationen, zwar selten vorkommend, von dem am verbreitetsten und in grösster Zahl vorhandenen Apparat, dem Muskel, welchem ja auch teleologisch das elektrische Organ entspricht.

Göttingen, März 1862.

Ueber die zwei Typen contractilen Gewebes und ihre Vertheilung in die grossen Gruppen des Thierreichs, sowie über die histologische Bedeutung ihrer Formelemente.

Von

Dr. **August Weismann.**

(Hierzu Tafel III.—VII.)

Vor dem Beginn vergleichend histologischer Studien, als sich die Wissenschaft fast ausschliesslich noch mit dem Bau der Gewebe des Menschen beschäftigte, entstand die Lehre von zwei wesentlich von einander verschiednen Arten contractilen Gewebes, dem Gewebe der animalischen und dem der organischen Muskeln.

Die histologischen Elemente der ersten wurden als sogenannte Primitivbündel beschrieben, die der letzteren als spindelförmige Zellen; der contractile Inhalt der Primitivbündel sollte quergestreift, der der Zellen homogen sein, die Function der ersteren abhängig vom Willen, die der letzteren nicht. Quergestreifte und glatte, willkürliche und unwillkürliche Muskeln, damit waren zwei scharfgetrennte Gewebstypen gegeben, bei denen selbst die physiologische Function der Contraction nicht ganz dieselbe schien, sondern gewisse characteristische Verschiedenheiten darbot.

Indem die Untersuchungen vom Menschen auf die Thiere übergingen, sich immer weiter ausbreiteten und so allmälig eine immer grössere Basis an Material gewonnen wurde, verloren nach und nach die Verschiedenheiten dieser beiden Typen an Schärfe, es fanden sich verbindende Mittelglieder nach dieser und jener Richtung hin.

So zeigte sich, dass die Querstreifung kein ausschliessliches Merkmal der animalischen Muskeln ist; man fand Muskelzellen mit quergestreiftem Inhalt bei Thieren (Bulbus aortae des Salamanders, der Fische, Schlundkopf der Paludina). Die Definition der Zelle selbst wurde schwankend, indem Muskelzellen beobachtet wurden (Remak), welche nicht blos Einen Kern enthielten, sondern deren zwei, und die so den Uebergang zu bilden schienen zu den vielkernigen Primitivbündeln. Auf der andern Seite stellte sich heraus (Rollett), dass zuweilen einzelne Primitivbündel mitten im Muskel spitz endigten und so sich ihrerseits der Zelle zu nähern schienen, ja es wurde der Gedanke laut, dass diese Endigungsweise die Regel wäre, und also auch die animalischen Muskeln aus spindelförmigen Elementen beständen (Weber, Funke), die sich von den glatten Muskelzellen nur durch ihre colossale Grösse und durch eine grössere Anzahl von Kernen unterscheiden würden. Für die Wirbelthiere war die Entstehung der Primitivbündel aus Einer Zelle durch Remak und Kölliker geltend gemacht worden, und indem man diesen Modus der Genese auch auf die Primitivbündel der übrigen Thierklassen übertrug, lag es sehr nahe, eine continuirliche Uebergangsreihe zwischen Zelle und Primitivbündel zu statuiren und somit jeden wesentlichen Unterschied zwischen dem Gewebe der organischen und dem der animalischen Muskeln, wenigstens in anatomischer Hinsicht, zu läugnen. In diesem Sinne stellte Kölliker vor einiger Zeit, bei Gelegenheit seiner Mittheilungen über die grosse Verbreitung contractiler Faserzellen bei Wirbellosen[1]), die Frage: „ob eine Trennung der Faserzellen von den Muskelfasern auch fernerhin gerechtfertigt sei?“

Ich habe mich schon bei einer früheren Gelegenheit gegen den dieser Frage zu Grunde liegenden Gedanken ausgesprochen, und habe geglaubt, dass allerdings ein wesentlicher Unterschied bestehe zwischen dem Gewebe der Faserzellen und dem der Primitivbündel. Damals schien es mir (mit Kölliker) noch wahrscheinlich, dass alle Primitivbündel aus einer einzigen Zelle ihren Ursprung nähmen, und ich gründete meine Ansicht von der verschiedenen Natur beider Gewebe lediglich auf die so differente Structur der fertigen Elemente, sowie auf die verschiedene Weise, in der sie sich zu Organen (den Muskeln) gruppiren. Ich habe seitdem gefunden, dass bei den Arthropoden ein ganz andrer und viel complicirterer Vorgang

[1]) Würzburg. Verhandl. VIII., 109.

die Bildung der Primitivbündel einleitet, eine Erfahrung, die meiner Ansicht nun auch von Seite der Genese einen Halt giebt, indem dadurch vollkommen klar wird, dass der Werth der Primitivbündel, als histologischer Elemente, ein ganz andrer ist, als der der sog. organischen Muskelzellen.

Es ist der Zweck dieser Zeilen zu zeigen, dass die ursprünglich nur für die menschliche Anatomie geltend gemachte Anschauung von zwei scharf zu trennenden, histologisch wesentlich verschiedenen Typen contractilen Gewebes auf die ganze Thierreihe, mit Ausnahme der Protozoen, zu übertragen ist. Nicht nur characterisiren sich die beiden Muskelformen histologisch vollkommen gut, sondern sie halten auch in sehr merkwürdiger Weise ganz bestimmte Verbreitungsbezirke in den grossen Abtheilungen des Thierreichs ein, ein Umstand, der selbst von praktischem Nutzen werden könnte, wenn es sich um die Stellung zweifelhafter Thierformen im System handelt.

Die hier mitzutheilenden Beobachtungen sind im Laufe mehrerer Jahre und zum grossen Theil mehr gelegentlich angestellt worden, möge es erlaubt sein, hiermit ihre Lückenhaftigkeit zu entschuldigen. Eine auch nur relativ vollständige Zusammentragung des Materials wäre ohnehin für den Einzelnen unmöglich, man muss zufrieden sein, wenn man über einen Vorrath von Detail gebietet, welcher hinreicht, um die allgemeinen Schlüsse zu begründen.

Bildung der Stammesmuskeln bei den Wirbelthieren.

Dass die contractile Substanz, welche die Primitivbündel der Wirbelthiere anfüllt, ursprünglich Zelleninhalt war, ist noch von Niemanden bezweifelt worden*). Die jetzt noch schwebende Controverse dreht sich nur darum, ob ein jedes Primitivbündel vielen zusammen verwachsenen Zellen seinen Ursprung verdankt, oder aber, ob es aus einer Zelle hervorgewachsen ist. Bekanntlich hat Remak[1]) zuerst diese letztere

*) Nachdem dies bereits niedergeschrieben war, kam mir ein „Beitrag zur Histologie der quergestreiften Muskeln“ von Deiters zu Gesicht, in welchem die contractile Substanz der Primitivbündel des Frosches als Zellenausscheidung dargestellt wird. Ueber die der Ansicht zu Grunde liegenden Bilder erlaube ich mir kein definitives Urtheil, doch möchte es recht schwer sein, die Zusammengehörigkeit der nebeneinanderliegenden Zellen und Muskelstreifen zu beweisen. (Arch. f. Anat. 1861, Heft 3 u. 4.)

[1]) Ueber die Entwickl. d. Muskelprimitivbündel. Froriep's Notizen. No. 768.

Bildungsweise an den Muskeln im Schwanz der Froschlarven nachgewiesen, und Kölliker[1]) hat sie bestätigt, indem er zugleich denselben Bildungsmodus für die Stammesmuskeln am menschlichen Embryo in Anspruch nahm.

Auch Max Schultze[2]) betrachtet die Entstehung der Primitivbündel aus Einer Zelle als erwiesen. Ich selbst habe vor Kurzem gezeigt[3]) dass für die Herzmuskeln diese Bildungsweise nicht gilt, sondern dass hier die Primitivbündel beim Menschen und den höheren Wirbelthieren durch Verschmelzung bündelweise nebeneinander liegender spindelförmiger Zellen entstehen, während bei Amphibien und Fischen diese Zellen während des ganzen Lebens unverschmolzen und isolirbar bleiben.

Für die Stammesmuskeln muss ich mich nach meinen Beobachtungen entschieden auf die Seite Kölliker's und Remak's stellen. Jedenfalls sind die in neuester Zeit von Margo[4]) geltend gemachten Ansichten, wonach ein Primitivbündel durch das Zusammentreten und Verschmelzen einer Menge neben- und voreinander liegender sehr kleiner Zellen (den sog. Sarkoplasten) gebildet werden soll, irrig.

Die Bildung der Muskeln im Schwanz der Froschlarven habe ich nicht selbst verfolgt, es scheint mir aber durchaus kein Grund vorhanden, die so bestimmten Angaben Remak's und Kölliker's anzuzweifeln. Dass die Primitivbündel an dieser Stelle sich aus einer Zelle entwickeln, scheint mir bewiesen, und man könnte höchstens der Meinung sein, dass sie an andern Körperstellen sich auf andre Weise bildeten.

An den Muskeln der Extremitäten einer Froschlarve, wenn dieselben eben erst angelegt und unter der Haut noch verborgen sind, lässt sich Folgendes beobachten.

Die Muskeln sind zusammengesetzt aus einer grossen Menge dicht aneinander gedrängter, sehr feiner Fasern von der Länge der Muskeln. Die feinsten haben einen Durchmesser von 0,0008 Mm. und sind trotz ihrer grossen Dünne scharf und deutlich quergestreift; die dicksten betragen im Durchmesser 0,0017 Mm. In oder auch seitlich an ihnen liegen ovale,

---

[1]) Entwickl. d. Muskelfas. d. Batrachier. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. IX., S. 141.

[2]) Ueber Muskelkörperchen und das was man eine Zelle zu nennen habe. Arch. f. Anat. 1861. Heft I., p. 1.

[3]) Ueber die Musculatur des Herzens beim Menschen und in der Thierreihe. Ebendas. S. 41.

[4]) Ueber d. Entwickl., d. Wachsthum, die Neubildung und den feinern Bau der Muskelfasern. Sitz. Ber. d. Wien. Akad. Bd. XXXVI. S. 219.

klare Kerne, bald in grossen Abständen (bis 0,0603 Mm.), bald unmittelbar aufeinanderfolgend. Nicht selten auch liegen 2—3 Kerne auf einem Klumpen beisammen (Fig. I. *D b*). In Fällen, wo der Kern nicht vollständig von dünner Schicht quergestreifter Masse eingeschlossen ist, sondern derselben seitlich anliegt, erkennt man oft ganz deutlich die auf die Kerne sich hinaufschlagende Zellmembran (Fig. I. *C. b b*). Die Kerne sind stets bedeutend dicker als die Faser, und bilden, wo sie einzeln liegen, spindelförmige Anschwellungen derselben. (Dicke der Kerne 0,0051 Mm., Länge 0,0103 Mm.) Ohne Anwendung von Kalilösung*) oder concentrirter Salpetersäure gelingt es nicht die Fasern zu isoliren und auch mittelst dieser Reagentien isolirt sich immer nur ein Theil derselben, viele aber bleiben aneinander liegen, und könnten dann recht wohl für massenweise aneinandergefügte Spindelzellen gehalten werden.

Dass sie diess nicht sind ist zweifellos, es gelingt niemals auch nur ein einziges einer Spindelzelle ähnelndes Element zu isoliren, und die scheinbar aus ihnen zusammen-

---

*) Da ich bei den hier mitzutheilenden Untersuchungen mich sehr häufig der von mir zur Isolirung der Primitivbündel empfohlenen Kalilösung von 35%₀ bedient habe, so muss ich, um dem Verdacht ungenauer Beobachtung zu entgehen, dieses Reagens in Schutz nehmen gegen Vorwürfe, die ihm von Seiten Aeby's (diese Zeitschr., 3. Reihe, Bd. XIV., S. 182) kürzlich gemacht worden sind. Aeby sagt von der Lösung: „Sie besitzt allerdings den Vortheil, den Faserkitt in kurzer Zeit aufzulösen, und so den Muskel rasch in seine Bestandtheile zu zerfällen, dafür erhält man aber auch nie ein nettes und reinliches Präparat, sondern immer ein solches von ziemlich schlechtem Aussehen". Letzteres ist nun entschieden unrichtig, wie sich Aeby bei Anwendung einer guten Kalilösung leicht überzeugen kann, im Gegentheil liefert das Reagens sehr nette und reinliche Präparate, meist sogar sehr viel schärfere Bilder, als die von Aeby empfohlene Salzsäure, welche ganz wie die von mir schon früher benutzte Salpetersäure die Fasern häufig rauh und körnig erscheinen lässt. Gelegentlich sei auch erwähnt, dass die Spaltungen, welche man durch Druck an solchen mit Kalilösung isolirten Primitivbündeln des Frosches erzeugen kann, nicht die geringste Aehnlichkeit haben mit den natürlich vorkommenden Spalten, welche ich auf eine Vermehrung des Primitivbündels durch Längstheilung bezogen habe. Durch blosses Auflegen des Deckgläschens konnte ich überhaupt keine Spalten erzeugen, durch stärkeren Druck aber werden Spaltformen erzeugt, denen man in der Regel auf den ersten Blick das Kunstprodukt ansieht. Wenn Aeby eine bessere Auslegung der Thatsachen an Stelle der von mir versuchten zu setzen hat, so habe ich dagegen Nichts einzuwenden; einfach die Thatsachen zu läugnen, weil man sie selbst nicht gesehen hat, ist zwar bequem, führt aber zu Nichts. Ich behalte mir eine speciellere Widerlegung der Aeby'schen Einwürfe vor.

gesetzten Massen erweisen sich an ihren auseinanderweichenden Enden als dichte Lagen der oben beschriebenen feinsten Muskelfasern.

Diese Fasern wachsen nun in die Dicke und in die Länge, während sich zugleich ihre Kerne durch Theilung vermehren. Jedoch kann dies auf verschiedene Weise geschehen. Nicht selten nämlich finden sich Fasern, die im grössten Theil ihres Verlaufs ganz dünn, an einer Stelle 4—5 in einer Reihe hintereinander liegende Kerne enthalten. An dieser Stelle wird dann die Faser plötzlich drei Mal so breit (Fig. I. *D a*), indem auch hier die Kerne von der Membran und dem dünnen contractilen Inhalt umhüllt werden. Es bildet dies den Uebergang zu den etwas später auftretenden bei verschiednen Wirbelthier-Embryonen längst bekannten Formen, wo eine mehr oder minder dichte Kernreihe von einem dünnen Mantel contractiler quergestreifter Substanz umhüllt wird, während in der Axe zwischen den Kernen keine contractile Substanz, sondern klare Flüssigkeit sich befindet (Fig. I. *H*). Es scheint indessen, als ob nicht eine jede der primitiven feinen Fasern dieses Stadium durchlaufen müsste; bei vielen wächst der feine Faden contractiler Substanz in die Dicke, ohne einen Hohlraum in seiner Axe zu lassen, die Kerne rücken dann auch nicht so nahe zusammen. Je dicker die Faser wird, um so weniger treten die Kernstellen als Anschwellungen hervor, bis endlich dieselbe einen regelmässigen cylindrischen Strang bildet, in dessen contractilem Inhalt Kerne in verschiedner Entfernung eingestreut sind. So findet man an den bereits hervorgesprossten Beinen die Muskeln aus Fasern von 0,0068—0,0137 Mm. Dicke zusammengesetzt, welche fast alle die Kerne in Einer mehr oder weniger dichten Reihe enthalten. Die Kerne haben die frühere Grösse beibehalten, bei einigen Fasern liegen aber bereits einzelne seitlich von der Reihe, oder die Kerne stehen alternirend in zwei weitläufigen Reihen.

Aus diesen Beobachtungen geht vor Allem hervor, dass die Primitivbündel der Extremitätenmuskeln nicht wie die des Herzens bei den höhern Wirbelthieren durch Verschmelzung bündelweise beisammen liegender spindelförmiger oder sonstwie geformter Zellen entstehen. Die Margo'sche Sarkoplastentheorie findet ebenfalls keinen Anhalt. Zweifelhaft aber könnte es scheinen, ob eine einzige Zelle zur Muskelfaser auswuchs, oder ob mehrere voreinanderliegend mit ihren Spitzen verschmolzen.

Betrachtet man aber die feinsten Fasern (Fig. I. *A*, *B*), aus denen zuerst die Muskelanlage besteht, genauer, so muss man sich wohl ohne Zweifel für die erste Ansicht entscheiden, da gerade ihre Form nicht im entferntesten auf eine Zusammensetzung aus Zellen deutet; die Kerne stehen weit auseinander, und der sie verbindende Faden contractiler Substanz ist so fein und gleichmässig, ganz als ob er durch sehr rasches Wachsen in die Länge ausgezogen worden wäre. (Beiläufig gesagt, ist dies ganz dieselbe Form von Fasern, wie sie in den Muskeln erwachsener Thiere durch Randabspaltung von ausgebildeten Primitivbündeln zu Stande kommt.) Das Ansehen einer Zusammensetzung aus Spindelzellen bekommen die Fasern erst später, wenn die Kerne sich vermehrt haben, näher aneinander gerückt sind, und die zwischen ihnen liegenden Stränge sich etwas verdickt haben (Fig. I. *F*). Ich mache ausserdem noch geltend, dass, wenn die Fasern aus einer Verschmelzung von Zellen hervorgingen, diese Zellen sich in so früher Zeit ohne Zweifel noch mittelst Kali isoliren liessen. Ein solches Isoliren gelingt aber niemals. Bei den Herzmuskeln derjenigen Thiere, bei welchen die Muskelzellen des Embryo später zu Primitivbündeln verschmelzen (Säuger, Vögel und Reptilien), ist mir diese Isolirung noch in sehr später Zeit ohne alle Schwierigkeit gelungen, so bei einem beinah ausgetragenen Hasenfötus, sowie bei einem sechsmonatlichen menschlichen Embryo, also zu einer Zeit, in welcher das Herz bereits längst in Thätigkeit war. Ich glaube somit annehmen zu dürfen, indem ich mich Remak, Kölliker und Max Schultze anschliesse, dass die Primitivbündel der Stammesmuskeln bei den Wirbelthieren aus einer einzigen Zelle ihren Ursprung nehmen. Ihr Sarcolemma ist also Zellmembran.

Bildung der Muskeln bei den Insekten.

Die Bildung der Muskeln bei den Insekten lässt sich an den Larven und Puppen verschiedener Fliegen vortrefflich beobachten. Bekanntlich werden die Muskeln der Beine und Flügel erst in der Zeit gebildet, welche dem Ausschlüpfen der Larve aus dem Ei nachfolgt; bei Einigen schon während des Larvenlebens, wenigstens entwickeln sie sich bereits bis auf einen gewissen Punkt, bei Andern erst in der späteren Zeit des Puppenschlafs. In beiden Fällen beginnt die Bildung

der Muskeln erst dann, wenn das äussere Skelet des vollendeten Insekts in seiner definitiven Form bereits angelegt ist, in beiden Fällen bilden sich die Muskeln nach demselben Modus. Doch zeigen sich Verschiedenheiten, welche auf den ersten Blick sehr erheblich scheinen, in der Bildung der Flügelmuskeln und der Muskeln der Extremitäten.

Bei einer Larve von Chironomus findet man zur Zeit, wo sie fast ausgewachsen eine Länge von 1,2 Cent. erreicht hat, die Extremitäten bereits ziemlich entwickelt und die Puppenhaut des Thorax unter der Haut der Larve angelegt. Die Larve, die ohnedies durch ihr dunkelrothes Blut der mikroskopischen Analyse nicht besonders günstig ist, hat dadurch an Opacität in ihrem vordern Theil so zugenommen, dass nur eine Präparation weitere Einsicht verschaffen kann. Man findet sodann innerhalb der drei Thoracalsegmente eine Anzahl heller, matter Stränge von ansehnlicher Dicke. Es sind dies, wie ihre weitere Entwicklung lehrt, die Anlagen der Brustmuskeln. Sie besitzen einen Durchmesser von etwa 0,0827 Mm. und bestehen ganz aus dicht aneinander gedrängten Zellen von kuglicher Gestalt, und einem Durchmesser von 0,0086 — 0,012 Mm. Eine Membran lässt sich zwar nicht an ihnen nachweisen, doch besitzen sie ohne Zweifel eine solche, wie ihr scharfer Contur verräth, und wie auch aus der Analogie mit denselben Zellen bei grösseren Insekten geschlossen werden muss. Sie unterscheiden sich in ihrem Aussehen in Nichts von den Embryonalzellen desselben Thiers, und stimmen auch in der Grösse, die übrigens selbst nicht ganz constant ist, mit den Zellen überein, aus welchen die Beine und Flügel der Puppe sich herausbilden. Ihr Inhalt ist vollkommen homogen und sehr blass, der kuglige Kern tritt als rundes klares Bläschen hervor, welches stets ein dunkles Kernkörperchen enthält. Die Zellen kleben fest aneinander, und lassen sich schwer isoliren, sind also, wie wir dies fast constant bei Zellenmassen von embryonalem Charakter finden, durch Minimalmengen einer sehr zähen Intercellularsubstanz zusammengehalten.

Der ganze Zellencylinder ist umgeben von einer schlauchförmigen, vollkommen geschlossenen, homogenen Hülle, dem späteren Sarcolemma, welches als doppelter Contur deutlich zu erkennen ist, besonders an Stellen, wo der Zelleninhalt sich etwas von ihm zurückgezogen hat (Fig. II. *A a*). Bilder wie dieses sind zugleich ein weiterer Beleg für die früher von mir ausgesprochene Ansicht, dass das Sarcolemma der Insekten nicht als Bindegewebe zu betrachten sei. Die Anlage

der Sehne (*b*) setzt sich hier scharf vom Sarcolemma (*a*) ab, das Reichert'sche Continuitätsgesetz findet also hier keine Anwendung.

Etwas später wird der Zelleninhalt feinkörnig und zugleich schwindet die Zellenmembran. Die isolirten Elemente zeigen die Kerne nicht mehr von einem scharfen, auf eine Zellenmembran zu beziehenden kreisförmigen Contur hofartig umgeben, sondern dieselben sind frei, indem ihnen nur unregelmässig mehr oder weniger Körnchen des veränderten Zelleninhaltes anhängen. Die Kerne sind zugleich etwas kleinei geworden, wahrscheinlich durch Vermehrung, doch gelang es hier nicht, wie ich es weiter unten von Simulia zeigen werde, diesen Process direct wahrzunehmen. Die Kerne haben jetzt einen Durchmesser von 0,0051 — 0,0068 Mm. In diesem Stadium beginnt eine blasse, etwas körnige Masse, an Aussehen nicht zu unterscheiden vom freigewordnen Zelleninhalt, sich zwischen die Kerne abzulagern und dieselben auseinander zu drängen, und zwar in der Art, dass dieselben sich zu ganz regelmässigen Längsreihen anordnen. Indem diese Masse immer mehr zunimmt, werden die Zwischenräume zwischen den Kernreihen immer grösser, und dem entsprechend nimmt das Volumen des ganzen Primitivbündels immer mehr zu. Zuletzt differenzirt sich dann die abgelagerte Substanz zu den bekannten Formen, unter welchen die contractile Substanz in den Primitivbündeln der Thoracalmuskeln auftritt: in der vorher gleichmässigen Masse zeigt sich zuerst eine regelmässige Längsstreifung, der optische Ausdruck der Spaltung in Fibrillen, zwischen welchen als feine Körnchen ein kleiner Theil der Grundsubstanz unverändert liegen bleibt. Erst ganz zuletzt werden die Fibrillen quergestreift.

In einer Chironomuslarve von 1,1 Cent. Länge fand ich die Brustmuskeln schon sehr körnig, längsstreifig, und sehr leicht in Fibrillen zerfallend, stellenweise war schon Querstreifung vorhanden. Ist letztere vollständig vorhanden, so ist der Muskel fertig, und es fällt dies so ziemlich mit der Zeit zusammen, in welcher das vollendete Insekt aus der Puppe schlüpft. Die Hauptmasse des fertigen Muskelbündels bilden die quergestreiften Fibrillen, zwischen diesen verlaufen in ziemlich gleichen Abständen die zahlreichen Längsreihen der Kerne, während zwischen den einzelnen Fibrillen Minimalmengen einer feinkörnigen Substanz liegen. Das Ganze ist von einem vollkommen homogenen und kernlosen Sarcolemma umgeben.

Auch die Entwicklung der Beinmuskeln lässt sich bei Chironomus auf's Schönste beobachten. Die erste Anlage eines Beins besteht aus einer ganz gleichmässigen Zellenmasse. Später tritt dann eine Scheidung in eine ziemlich dicke Rinden- und eine hellere Axenschicht ein. Von ersterer aus bildet sich die Chitinhaut des Glieds, in der Axenschicht aber formen sich aus der vorhandenen Zellenmasse Längsstränge, die Anlage der Sehnen, und die übrige Zellenmasse gruppirt sich zu schräg von den Sehnen zur Rindenschicht hinlaufenden dünneren oder dickeren Strängen, den Muskeln, welche sich aber als solche erst dann erkennen und isoliren lassen, wenn weitere Veränderungen mit ihnen vorgegangen sind, wenn sich nämlich eine dünne Schicht contractiler Substanz um sie herum abgelagert hat. Die Zellen liegen niemals in einfacher, meist in sehr vielfacher Säule beisammen, ihre Kerne sind ganz klar, sehr scharf begrenzt, mit dunklem kleinen Nucleolus, ihr Längendurchmesser 0,0017—0,0025 Mm. Sobald die Ablagerung von contractiler Substanz beginnt, ist es nicht mehr möglich eine Zelle zu erkennen, die Zellconturen sind verschwunden, freie Kerne liegen in vielfacher Reihe in der Axe der Faser, eingebettet in eine helle, schwach lichtbrechende, vollkommen klare Grundsubstanz. Die Kernmasse sammt Grundsubstanz wird von einem Mantel von contractiler Substanz umhüllt, welcher anfänglich ganz homogen, und von vornherein stark lichtbrechend ist. Er lagert sich zuerst als eine Schicht von unmessbarer Dünne ab und ver dickt sich allmälig nach aussen zu, so dass also mit dem Wachsen der contractilen Substanz zugleich auch das Primitivbündel in die Dicke wächst. Die Breite der contractilen Schicht war bei einer Faser von 0,0137—0,0155 Mm. Durchmesser noch unmessbar, bei einer 0,0223 Mm. breiten betrug sie 0,0025 Mm. An abgerissnen Enden quillt nicht selten die klare Masse der Grundsubstanz mit den Kernen vor, während die contractile Rindenschicht sich vorn etwas nach innen umschlägt; nicht selten auch löst sich ein Kern aus der Grundsubstanz ganz los (Grösse der Kerne 0,0017—0,0025 Mm.).

In natürlicher Lage wurzeln die Muskeln einerseits in der Zellenmasse, welche die Hauptmasse der Glieder ausmacht, andrerseits in der Zellenmasse, welche die Anlage der Sehne vorstellt Ein Sarcolemma ist wegen der grossen Feinheit der Gebilde nicht zu erkennen; ich nehme an, dass es wie bei den Brustmuskeln schon in frühester Zeit vorhanden ist, und mit dem Primitivbündel selbst allmälig wächst (siehe unten bei Pontia rapae).

Sehr schön zeigt sich das Verhältniss der Kerne zur Rindensubstanz an dem nicht selten sich darbietenden scheinbaren Querschnitt. Ein solcher ist theils rein oval oder kreisrund, theils unregelmässig vieleckig mit abgerundeten Ecken. Die stark lichtbrechende bläuliche contractile Substanz bildet die je nach der Entwicklungsstufe dünnere oder dickere Rindenschicht, im Centrum 6, 8—12 Kerne nebeneinander, zwischen beiden stets eine vollkommen klare, helle Masse.

Es wurde oben gesagt, dass der Mantel contractiler Substanz sich nach aussen verdicke, es muss dies in der That der Fall sein, da ältere Muskelbündel stets dicker sind als jüngere. Später jedoch wächst die Schicht contractiler Substanz auch nach innen gegen die Kerne zu auf Kosten der hellen Grundsubstanz, die sich also in contractile Masse verwandelt. Zugleich schwindet stets ein Theil der Kerne, was mit Sicherheit daraus geschlossen werden kann, dass im fertigen Muskelbündel stets nur eine einfache Kernreihe sich findet, statt der früheren vielfachen Säule. Hier, wie bei den Thoraxmuskeln muss man annehmen, dass die contractile Substanz sich nicht direct um die Kerne ablagert, sondern dass sie erst secundär aus der die Kerne umgebenden klaren (in den Brustmuskeln granulösen) Masse (sarcogene Substanz, wenn man will) sich bildet. Diese mag in ihrer ersten Anlage wohl der zusammengeflossene Inhalt der primären Zellen sein, die Hauptmasse aber entsteht später, nachdem die Kerne bereits frei geworden sind.

Für beide Muskelarten habe ich im Wesentlichen denselben Bildungsprocess bei einer Stratiomys-Art beobachtet. Fig. IV stellt einen Theil eines Primitivbündels aus dem Thorax einer fast ausgebildeten Puppe dar. Die bläschenförmigen Kerne mit ihrem doppelten Contur und glänzenden Nucleolus sind hier besonders schön zu sehen, sowie sich hier auch ausser den Längsreihen derselben eine Querreihe vorfindet, welche zwei der Längsreihen mit einander verbindet. Es bildet dies Vorkommen den Uebergang zu den sogleich zu beschreibenden, ganz unregelmässig gelagerten Kernreihen bei Simulia. Die Spaltung in Fibrillen ist durch Längsstreifung angedeutet, auch findet sich bei *a* bereits Querstreifung. Die Körnchen zwischen den Fibrillen treten nicht hervor, doch fehlen sie auch hier nicht. Fig. VII stellt ein Primitivbündel aus den Beinen derselben Puppe vor; die Grundsubstanz, in welcher die Kernsäule eingebettet ist, hat hier ein körniges Aussehen, wie in den Muskeln des Thorax bei Chironomus und andern Dipteren.

Bei Simulia sericea geht die Bildung der Brustmuskeln in folgender Weise vor sich. Im frühesten Stadium, welches beobachtet wurde, besteht die Anlage eines Primitivbündels aus einem homogenen Sarcolemmaschlauch von 0,053 — 0,054 Mm. Durchmesser, gefüllt mit einer blassen, matten, körnigen Masse, die bei scharfem Zusehen sich zusammengesetzt erweist aus einer Unmasse von Kernen, kleinen rundlichen, ganz klaren Bläschen von 0,0034 — 0,0051 Mm. Durchmesser, mit doppeltem Contur, also deutlicher Membran, und einem grossen, stark lichtbrechenden Nucleolus (Fig. V. *A*). Diese Kerne liegen so dicht, dass es schwer hält, die sie verbindende Zwischensubstanz zu erkennen. Häufig reisst das Sarcolemma an einer Stelle, und dann fliesst der Inhalt in raschem Strom aus und es gelingt häufig zu erkennen, dass die meisten der Kerne innerhalb einer Zelle liegen. Diese Zellen (*a a*) sind sehr klein, blass und gewöhnlich von kugliger Gestalt, der Inhalt vollkommen homogen, nicht körnig. Theils enthalten die Zellen nur einen Kern, und dann beträgt ihr Durchmesser 0,0068 — 0,0086 Mm., oder aber es liegen 2, 5 — 8 und mehr kleine Kerne in einer Zelle, die dann bis 0,0137 Mm. messen kann. Freie Kerne kommen aber auch jetzt schon zahlreich vor, und zuweilen begegnen dem Blick rundliche Gruppen von 8—10 zusammenklebenden Kernen (*b*), die einer gemeinsamen Hülle (Zellmembran) entbehren. Eine Vermehrung der Zellen selbst habe ich nicht beobachten können, Einschnürung der Zellen, welche auf Zellentheilung bezogen werden könnte, findet sich nicht vor, es scheint nur auf Vermehrung der Kerne abgesehen zu sein.

Etwas später sind sämmtliche Zellen verschwunden, beim Ausfliessen des Inhaltes des Primitivbündels (Fig. V. *B a*) finden sich nur noch freie Kerne, zwischen welchen eine geringe Menge einer sehr feinen körnigen Masse liegt, wohl sehr wahrscheinlich der umgewandelte Inhalt der primären Zellen. Zugleich hat der Durchmesser des Primitivbündels zugenommen und beträgt jetzt 0,0517—0,137 Mm. Nachdem die Kerne frei geworden, ordnen sie sich in Reihen an, jedoch nicht so regelmässig wie bei Chironomus, sondern sie liegen ziemlich regellos in der Grundsubstanz umher (Fig. V. *C*), theils ganz isolirt, theils kürzere oder längere Reihen bildend, die bald längs, bald schräg laufen. So findet es sich bei kürzlich verpuppten Larven. Es messen hier die Cylinder der Brustmuskeln 0,172 Mm., also bedeutend mehr als früher, der Sarcolemmaschlauch ist noch vollkommen deutlich als doppelter Contur zu erkennen, die Kerne aber liegen nicht

mehr dicht aneinander, nur durch Minimalmengen granulärer Substanz getrennt, sondern diese Grundsubstanz hat bedeutend zugenommen und die Kerne unregelmässig auseinander gedrängt. Sie ist matt und gleichmässig körnig, aus Rissstellen des Sarcolemma quillt sie als zähe zusammenhängende Masse hervor, von welcher die bläschenförmigen Kerne fest eingeschlossen werden. Noch zeigt sie aber weder Längsstreifung noch Querstreifung. Diese treten bei älteren Puppen ein, zugleich aber mit der Spaltung der contractilen Substanz in Fibrillen schwindet auch ein Theil der Muskelkerne und der Rest derselben ist im fertigen Primitivbündel nur sehr schwer zu erkennen, indem die dunkle und dabei granulöse Masse der contractilen Substanz dieselbe verdeckt; nur durch vorsichtigen Zusatz von Essigsäure werden sie sichtbar. Zerreisst man die frischen Muskeln mit Nadeln, so contrahiren sie sich sehr stark, das Sarcolemma reisst und schnurrt gegen die Mitte des Bündels zusammen, während an den Enden der Inhalt weiter auseinander weicht (Fig. V. *E*). Unter diesen Umständen schwellen die Fibrillen bis zu 0,0051 Mm. Dicke (*a a*), sie stehen weit vor, häufig ziemlich unregelmässig durch einander gewirrt und haben zwischen sich die feinkörnige Masse. Nicht selten auch bekommt man den scheinbaren Querschnitt zu sehen (Fig. V. *F*). Es liegen dann die kreisrunden Fibrillendurchschnitte ziemlich regelmässig in einer ganz gleichmässig fein granulirten Zwischenmasse. Sowohl der Durchmesser der Fibrillen, als auch ihr gegenseitiger Abstand ist an solchen Präparaten bedeutend vergrössert, wie sehr leicht zu sehen ist, wenn man die Brustmuskeln einer abgestorbenen Puppe untersucht (Fig. V. *D*). Die Fibrillen messen hier höchstens 0,,0034 Mm., sind scharf quergestreift und haben nur ganz wenig feinkörnige Masse zwischen sich, sie isoliren sich in grossen Massen, so dass es fast unmöglich wird, ein ganz unverletztes Primitivbündel zur Ansicht zu bekommen.

Durch vorstehende Beobachtung heben sich auch die Zweifel, welche in neuester Zeit von Kühne[1]) gegen die muskulöse Natur der Thoracalmuskeln geltend gemacht wurden. Uebrigens habe ich auch schon früher partielle oder totale Contractionen dieser Muskeln unter dem Mikroskop beobachtet*).

---

[1]) Ueber die peripher. Endorgane der motor. Nerven, Leipzig 1862. S. 32. Anm.

*) Wenn Kühne durch die stärksten Inductionsschläge keine Spur von Contraction hervorrufen konnte, so möchte dies vielleicht eben in

Sehr passend zu Untersuchungen über die Bildung der Insektenmuskeln ist Musca vomitoria, hauptsächlich wegen der bedeutenderen Grösse der primitiven Elemente. Ungefähr um die Mitte des Puppenschlafs, nachdem die äussern Formen des vollendeten Insektes schon ziemlich ausgebildet vorhanden sind, findet man die Höhle des Thorax, die vorher zum allergrössten Theil mit flottirenden Fettmassen ausgefüllt war, von klaren, ziemlich dicken, wegen ihrer grossen Blässe in der Fettmasse schwer wahrnehmbaren Strängen durchzogen, welche von Anfang an bereits die Lage und die Ansatzpunkte der spätern Thoraxmuskeln besitzen. Sie bestehen ganz wie bei Chironomus aus einer lichtbrechenden, homogenen Grundsubstanz, in welcher eine grosse Anzahl längslaufender, ziemlich dicht aneinander liegender, doppelter oder dreifacher Kernstränge liegen. Die Kerne sind sehr klein (0,0051 Mm.), und sind eingebettet in eine Schicht klarer Masse, welche bei Zusatz von Essigsäure dunkel und körnig wird. Das erste Stadium, in welchem der Muskelcylinder noch ganz aus klaren Zellen bestand, habe ich hier nicht beobachtet, die weitere Entwicklung aber erfolgt ganz wie bei Chironomus. Die Masse der contractilen Substanz vermehrt sich, indem sich die einzelnen den Cylinder zusammensetzenden Säulen, eine jede aus der Kernreihe mit einem Mantel von contractiler Substanz bestehend, verdicken; in gleichem Maass nimmt das ganze Primitivbündel an Dicke zu. Sodann entsteht die Längsstreifung in der contractilen Masse, bildet sich immer schärfer heraus, und gegen Ende des Puppenlebens sind die Fibrillen bereits fertig, isoliren sich leicht, haben feine Körnchen zwischen sich und erhalten erst ganz zuletzt die Querstreifung. Das Sarcolemma lässt sich auch hier als eine von Anfang an vorhandene, vollkommen homogene Membran nicht selten nachweisen.

Die Muskeln der Extremitäten bilden sich wie bei Chironomus, die Kerne des Achsenstrangs sind wie dort eingebettet in eine klare Grundsubstanz, in deren Umkreis sich die contractile Substanz ablagert. Gegen Ende der Puppenperiode tritt Querstreifung ein.

---

dem sofortigen Zerfallen dieser Muskeln seinen Grund haben, einem Verhalten, welches bedingt ist durch die Feinheit des (keineswegs fehlenden) Sarcolemma und durch die bei keinem andern Muskel so scharf ausgeprägte Spaltung in vollkommen selbstständige Fibrillen. Ohne Anwendung von Reagentien ist es nicht möglich, ein Primitivbündel unverletzt zu isoliren.

Nach diesen Beobachtungen ist es nicht schwer das Gemeinsame in dem Bildungsmodus der Brust- und der Beinmuskeln bei den Insekten herauszufinden. Im Wesentlichen bilden sich beide nach demselben Typus. Die Hauptverschiedenheit besteht darin, dass bei den Beinmuskeln sich die contractile Substanz, um ein Primitivbündel zu bilden, um einen einzigen (zuweilen in dicken Fasern auch um 2 oder 3) Kernstränge ablagert, während bei den Thoracalmuskeln um eine grosse Anzahl von Kernsträngen. In Bezug auf ihren histologischen Werth stehen beide Gebilde ganz gleich, das so wesentlich verschiedene Aussehen hängt hauptsächlich von der weiteren Differenzirung der einmal vorhandenen contractilen Substanz ab, die in Einem Fall sich in Fibrillen spaltet, im andern nicht. Doch ist das hier, wo es sich um die histologische Bedeutung des Primitivbündels als Ganzen handelt, von untergeordneter Bedeutung. Doch sei es mir erlaubt mit einigen Worten der feinkörnigen Masse zu gedenken, welche, wie lange bekannt, in den Flügelmuskeln der Insekten sich zwischen den Fibrillen vorfindet. Es liegt sehr nahe, diese Körnchen mit der eigenthümlichen, anhaltenden und heftigen Thätigkeit der Flügelmuskeln in Verbindung zu bringen, ich selbst war bisher der Ansicht, die oft massenweise eingelagerten Körnchen seien Zersetzungsproducte der contractilen Substanz und fand eine Stütze für diese Annahme in dem Vorkommen ganz ähnlicher feinkörniger Substanz in den Herzmuskeln der Wirbelthiere und in fettig entartenden Primitivbündeln ihrer Stammesmuskeln. Die Körnchen schienen der liegen gebliebene Auswurf der contractilen Substanz zu sein. Diese Ansicht ist nicht richtig, wenigstens jedenfalls nur theilweise richtig, da, wie wir oben sahen, die körnige Substanz schon zu einer Zeit auftritt, wo von einer Zersetzung der contractilen Substanz durch Thätigkeit noch keine Rede sein kann, nämlich während des Puppenschlafs. Die körnige Substanz ist der Ueberrest der ursprünglich um die Kerne abgelagerten Grundsubstanz (sarcogenen Substanz). Die Hauptmasse dieser sarcogenen Substanz wandelt sich im Laufe der Entwicklung in contractile Substanz um, zwischen den einzelnen Gruppen derselben bleibt aber ein Rest unverändert liegen. In den Beinmuskeln, deren contractile Substanz eine einzige, nur durch den Kernstrang unterbrochene Masse bildet, findet sich die körnige Substanz lediglich im Umkreis des Kernstrangs, in den Thoraxmuskeln, deren contractile Substanz sich in eine Menge selbstständiger Gebilde spaltet, die Fibrillen, bleibt sowohl um die Kernstränge, als auch zwischen den

einzelnen Fibrillen unveränderte Grundsubstanz zurück. In beiden Fällen ist die relative Menge der körnigen Substanz grossen Schwankungen ausgesetzt, bei manchen Insekten ist sie sehr bedeutend, bei andern kaum wahrzunehmen; ganz fehlt sie nur wohl da, wo, wie z. B. in den Muskeln des Kohlweisslings (siehe weiter unten) die Masse der Kerne zu Grunde geht und nur einzelne auf der contractilen Substanz liegen bleiben. Doch ist in diesem Fall nicht mit Sicherheit zu entscheiden, ob nicht doch einige Körnchen die kleinen, schwer wahrnehmbaren Kerne umgeben.

Wir sehen also die contractile Substanz bei den Zweiflüglern nicht als Zelleninhalt auftreten, sondern als Kernausscheidung, oder um lieber einfach den Thatbestand in eine Formel zu bringen: als Umhüllungsschicht bestimmt gestalteter Kerngruppen. Das Sarcolemma ist hier weder Zellmembran noch Bindegewebe, sondern wird, wie mir scheint, am einfachsten als die erhärtete Oberflächenschicht einer Intercellularmasse betrachtet, welche zwischen den primären Zellen als in sehr geringer Menge vorhanden angenommen werden muss. Seiner Genese nach wäre es den Glashäuten anzureihen, der erhärteten Grenzschicht des Bindegewebes, und es will mir scheinen, als stünde es gerade durch die Art seiner Entstehung der Zellmembran nicht so gar fern. Es ist schon von Andern, und in neuester Zeit namentlich von Leydig[1]) und Max Schultze[2]) geltend gemacht worden, dass die Zellmembran nichts Anderes sei als die erhärtete Aussenschicht des Zelleninhaltes. Ich selbst habe mich mit Sicherheit überzeugt, dass die Bildung der ersten Zellen im befruchteten Insektenei so vor sich geht, dass freie Kerne sich mit Protoplasma umgeben, und dass erst zuletzt um dieses sich die Zellmembran bildet. Es ist bekannt, dass das Sarcolemma, sowie die Glashäute und wie eine jede Zellmembran chemisch und physikalisch die Eigenschaften des elastischen Gewebes besitzt. Verdanken also diese membranartigen Gebilde einem ähnlichen Process der Erhärtung (der kurze Ausdruck sei mir gestattet) ihre Entstehung, so liesse es sich eher begreifen, wie eines durch das andere vertreten werden kann, wie bei den Insekten das Sarcolemma auf die soeben beschriebene Weise sich bilden kann, während es bei den Wirbelthieren aus einer oder mehreren (Herzmuskeln) Zellmembranen hervorgeht.

---

[1]) Lehrbuch d. Histolog. S. 9.

[2]) A. a. O.

Vorstehende Mittheilungen über die Bildung der Insektenmuskeln wurden mehr beiläufig, bei Gelegenheit einer grösseren Arbeit über die Entwicklung der Dipteren gemacht, die mich bereits seit geraumer Zeit beschäftigt. Als später einige vergleichende Untersuchungen bei andern Insektenordnungen angestellt wurden, zeigte es sich bald, dass das oben aufgestellte Schema für die Muskelbildung noch einiger Erweiterungen fähig ist. Es lässt sich schon aus dem Bau der fertigen Muskelbündel schliessen, dass sie nicht alle genau auf dieselbe Weise entstanden sein können. Die ausgebildeten Primitivbündel der Dipteren besitzen alle eine oder mehrere Reihen von Kernen in ihrem Innern; auf der Oberfläche der contractilen Substanz, dicht unter dem Sarcolemma, liegen niemals Kerne. Anders bei den übrigen Insekten. Hier finden sich sehr häufig Kerne dicht unter dem Sarcolemma, während sie in der Tiefe fehlen, so liegen z. B. bei sämmtlichen Muskeln von Vanessa polychloros zahlreiche, sehr kleine Kerne auf der Oberfläche der contractilen Masse, theils zerstreut, theils in weitläufigen Reihen, nur selten in dichten Reihen, und dann das Sarcolemma kuglig hervortreibend. Dasselbe Verhalten findet sich auch bei Neuropteren, z. B. bei Aeschna grandis. Beim Kohlweissling dagegen zeigen die Primitivbündel der Brustmuskeln wieder eine grosse Anzahl in der Tiefe liegender Reihen von sehr kleinen Kernen, während zugleich auch auf der Oberfläche unter dem Sarcolemma Kerne theils zerstreut, theils in weitläufigen Reihen sich finden. Die Muskeln der Beine haben hier ihre Kerne meistens nur auf der Oberfläche. Es deutet dies offenbar auf eine Genese hin, die sich von der der Dipterenmuskeln einigermassen unterscheidet.

In der That fand ich die Muskeln im Bein einer Weisslingspuppe (Pontia rapae) in folgender Weise zusammengesetzt. Die cylindrische Masse der scharf quergestreiften contractilen Substanz enthält in ihrer Achse keine Kerne, ihre Oberfläche aber war zum grössten Theil bedeckt von einer Menge kleiner klarer Kerne von 0,0009 — 0,0034 Mm. Durchmesser. Erst auf diese, und meist weit von ihnen abstehend folgte das vollkommen homogene feine Sarcolemma. An Primitivbündeln, die von ihrem Ansatzpunkt losgerissen waren, hatte sich die Kernmasse nicht selten auch am Ansatzende zwischen Sarcolemma und contractile Substanz geschoben. In einem Falle konnte mit Bestimmtheit wahrgenommen werden, dass die Kerne noch innerhalb kleiner, vollkommen wasserheller bläschenförmiger Zellen lagen, die, von der Fläche gesehen, sechseckig abgeplattet erschienen. Es blieben demnach hier

die primitiven Zellen länger bestehen als bei den Dipteren. Ob dies aber die Regel ist, muss ich unentschieden lassen, da ich die Beobachtung nur ein einziges Mal gemacht habe. Sehen wir davon ab, so charakterisiren sich diese Muskeln dadurch, dass sich die contractile Substanz nicht nach aussen von der Kernmasse ablagert, sondern nach innen. Die bei den Dipteren besprochene feinkörnige Masse lässt sich hier in der Umgebung der Kerne nicht erkennen, die Kerne scheinen unmittelbar in der contractilen Substanz eingebettet zu sein. Bei andern Insekten findet dieselbe sich fast constant in der Umgebung des Kernstrangs, ebenso bei Arachniden.

Ich brauche nur hinzuweisen auf die Abbildungen, welche Leydig in seiner Histologie von dem Muskelbündel einer Spinne und der rothen Ameise giebt. Die Kernsäulen sind hier von einer dicken Lage feinkörniger Substanz umhüllt.

Das allgemeine Ergebniss dieser Beobachtungen über die Genese der Insektenmuskeln wäre also dieses: Die Primitivbündel der Insekten haben nicht den histologischen Werth einer Zelle, sind nicht entstanden durch das Auswachsen einer Zelle, sondern sie sind zusammengesetzte Gebilde, in deren Bildung eine grosse Anzahl von histologischen Elementen eingehen. Die Primitivbündel der Imagines werden von Anfang an in einer Grösse angelegt, die der des fertigen Organs nicht sehr bedeutend nachsteht, und zwar besteht diese erste Anlage aus einem cylindrisch geformten Zellenklumpen, der an seiner Oberfläche sich mit einer homogenen Membran überkleidet, dem Sarcolemma. Die Membranen der primitiven Zellen schwinden (meistens) sehr früh und es bleiben nur freie Kerne zurück, um welche sich in verschiedener Weise eine klare oder auch feingranulirte Substanz (sarcogene Substanz) ablagert, welche sich vom freigewordenen Inhalt der primären Zellen nicht unterscheiden lässt. Durch Umwandlung dieser sich stets noch vermehrenden Grundsubstanz bildet sich die eigentliche contractile Substanz, deren Differenzirung sodann in verschiedener Weise vor sich geht. In den Muskeln der Extremitäten nimmt sie einfach Querstreifung an, in denen des Thorax spaltet sie sich zuerst in Fibrillen, die dann zuletzt ebenfalls quergestreift werden. Die Kerne persistiren nur zum Theil,

eine grössere oder geringere Anzahl von ihnen geht nach Ablagerung der contractilen Substanz zu Grunde. Zwischen den Abtheilungen der letzteren, also um die Kernsäule und zwischen den Fibrillen bleibt ein kleiner Theil der (sarcogenen) Grundsubstanz als feinkörnige Masse zurück.

Vergleichen wir die Primitivbündel der Wirbelthiere mit denen der Arthropoden, so ist es gewiss sehr auffallend, wie Gebilde von gleicher Function, die in ihrer ausgebildeten Form so viele Aehnlichkeit mit einander haben, auf so ganz verschiedene Weise entstehen können. Beide sind cylindrische, oben und unten geschlossene Schläuche mit contractiler Masse gefüllt. Aber schon die Hülle, obschon in ihren optischen und chemischen Eigenschaften vollkommen übereinstimmend, hat einen ganz verschiednen Ursprung, indem sie in einem Fall directer Abkömmling einer Zellenmembran, im andern die erhärtete Rindenschicht einer Intercellularmasse ist. Die contractile Substanz selbst ist bei den Wirbelthieren Inhalt einer einzigen Zelle, während sie bei den Insekten in der Umgebung einer grossen Menge von Zellenkernen entsteht und niemals Zelleninhalt war. Die Kerne, welche in beiden Muskelarten in ähnlicher Weise inmitten der contractilen Substanz vertheilt liegen, sind bei den Insekten die Reste ursprünglich vorhanden gewesener Zellen, während sie bei den Wirbelthieren aus der Vermehrung eines einzigen Zellenkerns hervorgingen. Selbst die Anordnung der Kerne zu Säulen, wie sie in den Primitivbündeln der Insekten fast regelmässig vorkommt, und in denen der Wirbelthiere als seltene Ausnahmen zuerst von Kölliker[1]) erwähnt wurden, haben sowohl eine verschiedene Entstehungsweise, als auch eine verschiedene Bedeutung für das Leben des Primitivbündels. Bei den Wirbelthieren bilden sie sich durch Vermehrung der vorhandenen Kerne, und leiten, wie ich selbst zuerst gezeigt habe[2]), den Vermehrungsprocess des Muskelbündels durch Längsspaltung ein. Bei den Insekten rührt die säulenartige Anordnung von der Entstehungszeit des Primitivbündels her, die

---

[1]) Ueber Endigung der Hautnerven u. den Bau der Muskeln. Zeitschr. für wissensch. Zool. VIII. S. 311.

[2]) Ueber d. Wachsen d. quergestreiften Muskeln. Diese Zeitschr. 3. Reihe. Band X., S. 263.

Kernsäulen leiten auch keinen Vermehrungs- oder Wachsthumprocess ein, da die Muskeln der Imagines überhaupt nicht mehr wachsen, sondern sie dienen, wie wohl angenommen werden muss, einfach der Ernährung und Erhaltung ihres Primitivbündels.

Es darf kein fruchtloses Theoretisiren genannt werden, wenn man versucht, den Grund und die eigentliche Bedeutung dieser so wesentlich scheinenden Verschiedenheiten in der Genese bei so ähnlicher Structur des vollendeten Gebildes aufzufinden. Was das Sarcolemma betrifft, so habe ich oben schon angedeutet, dass mir die Entstehung desselben nicht sehr weit abzuliegen scheint von der Entstehung der ersten Zellmembran, indem beide dem Erhärtungsprocess einer Oberflächenschicht ihre Entstehung verdanken.

Die Bedingungen, unter welchen die Bildung der Muskeln bei den Insekten und bei den Wirbelthieren vor sich geht, sind offenbar ganz verschiedene, und davon werden wohl auch die Verschiedenheiten in der Genese beider Gebilde abzuleiten sein. Bei den Wirbelthieren entsteht die erste Anlage eines Primitivbündels in frühester Zeit, wenn der Embryo noch sehr klein ist; das Primitivbündel bildet sich aus, es wächst mit dem Wachsen des Glieds, in welchem es liegt. Die spindelförmige Zelle, die erste Anlage des Primitivbündels, reicht von Anfang an von einem Ansatzpunkt des zukünftigen Muskels zum andern. Sie verdoppelt ihren Kern, die Kerne rücken auseinander, die Zelle wächst in die Länge, während ganz in gleichem Verhältniss die Ansatzpunkte des zukünftigen Muskels auseinanderrücken.

Unter ganz andern Bedingungen bilden sich die Muskeln in den Puppen der Insekten. Hier muss die erste Anlage des Primitivbündels sogleich eine recht bedeutende Länge und Dicke besitzen, da es sich zu einer Zeit bildet, wo die Wände des Thorax oder der Beine bereits angelegt, die definitiven Ansatzpunkte der Muskeln also gegeben sind. Aus dem Fett, welches vorher die Höhle des Thorax ausfüllte, entstehen Massen kleiner kugliger Zellen, deren viele sich aneinanderreihen müssen, um von einem Ansatzpunkt des Muskels bis zum andern zu reichen. Diese Zellen scheinen nur von secundärer Bedeutung zu sein, sie erzeugen das Sarcolemma und zerfallen sodann; nur ihre Kerne bleiben frei zurück, und von ihnen geht sodann die Erzeugung contractiler Substanz aus. Die Kerne scheinen hierbei das Wesentliche zu sein.

Erwägt man nun, dass die Vermehrung der contractilen Substanz in den wachsenden Primitivfasern der Wirbelthier-

embryonen und auch in späterer Zeit stets Hand in Hand geht mit einer Vermehrung der Kerne, so wird man zu dem Schluss geführt, dass zur Erzeugung einer bestimmten Menge contractiler Substanz eine bestimmte Anzahl von Kernen nothwendig ist.

Bei den Insekten, wo eine grosse Menge von Kernen auf ein Mal zur Hervorbringung einer grossen Menge contractiler Substanz geschaffen werden musste, scheint dies auf andre Weise nicht möglich gewesen zu sein, als durch vorherige Bildung von an und für sich weniger bedeutenden Zellen. Es würde mich desshalb auch nicht sehr überraschen, wenn wir später erführen, dass die Muskeln der Insektenlarven in ihrer Genese denen der Wirbelthiere viel näher stehen, als der Muskel des vollendeten Insekts, da auch hier der Muskel mit dem ganzen Thier wächst, und nicht schon in der ersten Anlage eine bedeutende Grösse besitzen muss.

Müssen wir also auch die physiologisch gleichwerthigen Organe, die Primitivbündel der Arthropoden und der Wirbelthiere als verschieden in Bezug auf ihre Entstehung und ihren histologischen Werth (d. h. ihre Beziehung zur Zelle) ansehen, so bietet sich doch in der Abhängigkeit der contractilen Substanz von einer gewissen Anzahl Kerne, welche in beiden Elementen in gleich auffallender Weise stattfindet, ein gemeinsamer Boden, aus welchem beide hervorgehen, welcher selbst aber je nach den gegebenen Verhältnissen in verschiedner Weise hergerichtet werden muss.

Muskeln der Würmer und Mollusken*).

Bei den Würmern ist, soweit es mir gelang darüber in's Klare zu kommen, die contractile Substanz stets in Zellen ein-

---

*) Wie ich weiter unten genauer anführen werde, ist das Vorkommen von Muskelzellen bei verschiednen Mollusken schon von mehreren Forschern beobachtet worden. Kölliker[1]) hat, gestützt auf fremde, sowie auf eine grosse Anzahl eigner Beobachtungen sogar schon den Ausspruch gethan, dass die Muskeln „vieler Mollusken aus deutlichen, zum Theil ausgezeichnet schönen und grossen Faserzellen, oft mit sehr deutlichem mittleren Kern bestehen." Es war um so mehr zu verwundern, wie der neueste

[1]) Grosse Verbreit. contract. Faserzellen bei Wirbellosen. Würzburg. Verhandl. VIII., 109.

geschlossen, und zwar bleiben diese Zellen während des ganzen Lebens selbstständig und isolirbar.

Ganz ebenso verhält es sich bei den Mollusken. Die Muskulatur der Würmer und Mollusken ist im Wesentlichen nach dem einfachen Typus der sogenannten organischen Muskeln des Menschen und der Wirbelthiere gebaut. Spindelförmige Zellen lagern sich wie Dachziegel aneinander, und stellen, verbunden durch einen sehr festen, mit dem Auge nicht wahrnehmbaren Kitt, ein contractiles Gewebe dar, dessen Zusammenziehung durch die Verkürzung seiner einzelnen Constituenten hervorgebracht wird.

So einfach dieser Plan im Allgemeinen ist, so ausserordentlich mannichfaltig ist seine Ausführung im Einzelnen. Es kommen höchst wunderbar complicirte Zellenformen neben den allereinfachsten vor.

Um mit den Letzteren zu beginnen, so bestehen sämmtliche Muskeln der Mollusken aus Zellen, welche entweder einfach spindelförmig sind, oder doch der Spindelform sehr nahe stehen. Es ist sehr leicht, dieselben zu isoliren, und zwar mittelst der schon öfter besprochenen Kalilösung von 35⁰/₀. Doch ist es nöthig, die Thiere frisch zur Untersuchung zu bekommen, Spiritusexemplare sind nahezu unbrauchbar. Darin liegt der Grund, weshalb ich als Binnenlandbewohner nur eine sehr beschränkte Anzahl von See-Mollusken untersuchen konnte.

Behandelt man den Muskel einer Schnecke (Helix, Limax, Arion, Lymnaeus, Planorbis), z. B. den Musc. retractor pharyngis frisch mit Kalilösung, so zerfällt er in eine Masse von Zellen. Diese sind (Fig. XI.) sehr lang, platt, verhältnissmässig schmal, und spitzen sich nach den Enden hin ganz allmälig zu. Sie besitzen den eigenthümlichen Lichtreflex der contractilen Substanz, der übrigens mehr weisslich ist als bei

---

Schriftsteller auf diesem Gebiete, Margo[1]), ohne von diesen Erfahrungen Notiz zu nehmen, die Muskelfasern der Mollusken wieder nach der alten Weise beschreiben konnte, und noch dazu dieselben auf eine Art entstehen liess, die durchaus unvereinbar mit ihrer Zellennatur ist; es soll nämlich auch hier jede einzelne Faser sich aus den oben bereits erwähnten specifischen kleinen Zellen, den sog. Sarcoplasten, zusammensetzen.

[1]) Ueber die Muskelfasern der Mollusken. Wien. Sitz. Bd. XXXIX., S. 559.

andern Thieren, sind blass und homogen*), ihre Ränder scharf geschnitten, zuweilen mit anhängenden Fäserchen fransenartig besetzt, zuweilen fein gekerbt. Der Kern fehlt nie, und kann häufig auch schon ohne Anwendung von Reagentien gesehen werden, er ist länglich oval, doppeltconturirt, besitzt ein Kernkörperchen und liegt in der Mitte der Länge der Zelle. Bei Helix pomatia fand ich die Zellen öfters dichotomisch gespalten, niemals aber eine complicirtere Verästelung; sie haben hier eine Länge von 0,6474—0,7682 Mm., an der Stelle, wo der Kern liegt, eine Breite von 0,00913 Mm. (ohne Anwendung eines Reagens sind sie breiter, bis zu 0,0182 Mm.). Die Länge des Kerns ist 0,0143 Mm., die Breite 0,0078 Mm.

Ganz ähnliche Zellen wie aus den Retractoren des Schlundkopfes erhält man aus den verschiedensten Theilen des Thiers, dem Mantel, Schlundkopf, Pfeilsack, aus den Zungenmuskeln und der Lippe etc.

Auch im Fuss besteht die Muskulatur ganz unzweifelhaft aus denselben langgestrekten, spindelförmigen Zellen, die nicht selten an den Enden in mehrere kurze Spitzen auseinanderfahren, und es muss der mehrfach ausgesprochenen Vermuthung, als liefe jede Muskelfaser ununterbrochen von einem Ende des Fusses zum andern, entschieden widersprochen werden. Die Zellen haben bei Weitem nicht die Länge des Fusses. Bei Limnaeus stagnalis fand ich sie 1,62—2,01 Mm. lang, bei einem Limax agrestis von 3 Cent. Länge massen die längsten Zellen des Fusses 0,3335 Mm.; bei Arion empiricorum 0,8142 Mm.; bei einer Helix pomatia, deren Fuss in ausgestrecktem Zustand 8 Cent. Länge hatte, betrug die Länge der Zellen 0,68 Mm., also noch nicht einmal den hundertsten Theil der Länge des Fusses.

Eine eigenthümliche Form beobachtete ich in der Zunge von Lymnaeus. (Fig. XI. *D.*) Die seitlichen Muskeln der Zunge bestehen hier zum grossen Theil aus senkrecht stehenden Zellen, welche parallel nebeneinander liegen und sämmtlich auf der Oberfläche der Zunge enden, und zwar mit dreieckig verbreitetem, quer abgestutzten Ende, welches dann eine feine Längsstreifung zeigt, etwa so, wie ich es als

---

*) Das homogene Ansehen rührt vom Reagens her. Frisch untersucht zeigen die Muskelfasern eine Scheidung in Rinden- und Axensubstanz, die aber bei Weitem weniger in die Augen fällt, als bei den Muskelzellen anderer Thiere, z. B. des Blutegels. Semper hat bereits dieses Structurverhältniss richtig beschrieben. (Zeitschr. f. wiss. Zool. VIII.)

Franseneindrücke der Sehnenkapseln bei den Primitivbündeln der Wirbelthiere beschrieben habe.[1]) Das untere Ende der Zellen läuft spitz zu und verliert sich zwischen den übrigen Muskelzügen der Zunge.

Ganz ähnlich wie bei den Schnecken verhalten sich die Muskeln der Acephalen. Die Muskelzellen in dem Schliessmuskel von Anodonta cygnea sind sogar schon ohne Anwendung besonderer Reagentien einfach durch Zerzupfen mit Wasser zuweilen in ihrer ganzen Länge isolirt zu erhalten. (Fig. XII). Auch den Kern erkennt man nicht gar selten vollkommen deutlich, er ist oval, doppelt conturirt, hat einen wasserklaren Inhalt und ein bis zwei Kernkörperchen; er liegt in der Mitte der Zelle innerhalb der vollkommen homogenen und sehr blassen contractilen Substanz, welche er zu einer spindelförmigen Spalte auseinanderdrängt, und welche theils nur mit klarer Flüssigkeit gefüllt ist, theils ausserdem noch einige dunkle (Fett?-) Körnchen enthält, ganz ähnlich wie wir es von den Kernen der Primitivbündel bei den Wirbelthieren kennen. Die grösste Breite der Zellen liegt an der Kernstelle, sie beträgt hier 0,0155—0,0172 Mm., während der Kern selbst eine Länge von 0,0086—0,0103—0,0137 Mm. hat. Ich habe niemals zwei Kerne in einer Zelle gesehen, halte es aber für wahrscheinlich, dass auch dieses vorkommt, wie es auch in den Muskelzellen der Schnecken zuweilen sich findet. In der Profilansicht sieht man nicht selten den Kern der Zelle uhrglasförmig aufsitzen.

Margo[2]) hat seine Beobachtungen über die Muskulatur der Mollusken hauptsächlich an Anodonta gemacht, und beschreibt weitläufig die Entstehung und das Wachsen der „bandartigen Fasern" aus seinen Sarcoplasten.

Die Behandlung eines Schliessmuskels mit Kali benimmt jeden Zweifel über die Natur dieser „bandartigen Fasern." Der Muskel löst sich glatt von der Schale ab, welche darunter ihren Perlmutterglanz bewahrt hat, und es isoliren sich Massen von sehr langen (0,642—1,428 Mm.), platten, spindelförmigen, nur selten am einen Ende zweizinkigen Zellen, welche parallel neben und vor einander lagen. Die Kerne sind zwar auch bei dieser Behandlung schwer sichtbar, in gewissen Lagen der Zelle überhaupt nicht, sie fehlen aber niemals. Die Ränder der Zellen erscheinen glatt oder auch fein gekerbt, eine Folge

---

[1]) Ueber die Verbindung der Muskelfasern mit ihren Ansatzpunkten Diese Zeitschr. 3. Reihe. Bd. XII. S. 126.

[2]) A. a. O.

der durch das Kali hervorgerufenen Contraction; dann findet sich auf der Oberfläche zarte Querstreifung von den Runzeln der Zellenmembran herrührend; zuweilen auch hängen dem Rand feine Fäserchen fransenartig an, wie man dies auch bei den Muskelzellen der Wirbelthiere zuweilen antrifft.

Die Zellenmembran, über deren Vorhandensein auch a priori wohl kein Zweifel aufkommen konnte, lässt sich weder an der frischen noch an der mit Kalilösung isolirten Muskelzelle erkennen, wohl aber bei Zusatz von Essigsäure, wo sie als doppelter Contur der Zelle deutlich hervortritt.

Ganz dieselben Zellen wie im Schliessmuskel finden sich im Fuss der Anodonta, sie sind dort weniger leicht zu isoliren, weil sie sich vielfach durchkreuzen. Sie liegen in Bündeln von 0,0447 Mm. Dicke beisammen und sind von einer bindegewebigen Masse umhüllt. Auch die Muskelelemente des Mantels sind nichts als wohlerhaltene Spindelzellen. — Dass auch das Herz aus Muskelzellen zusammengesetzt ist, habe ich bereits früher mitgetheilt[1]) und wird auch von Margo zugegeben, dessen Ansichten über die übrige Muskulatur von Anodonta ich durchaus für irrig halten muss, sowohl was die histologische Bedeutung ihrer Formelemente, als was deren Genese betrifft. Die Zellen des Herzens unterscheiden sich von den übrigen Muskelzellen der Anodonta nur durch ihre geringere Länge (0,203 Mm.) und ihre von der Spindelform mehr abweichende, etwas unregelmässige Gestalt; in ihnen habe ich zuweilen zwei dicht beisammen liegende Kerne angetroffen.

Soweit reichen meine eigenen Beobachtungen, Pteropoden, Heteropoden und Cephalopoden standen mir frisch nicht zu Gebot.*) Dass auch bei ihnen die Muskeln nach demselben Typus gebaut sind, dafür spricht nicht nur die Analogie, sondern auch zahlreiche Beobachtungen verschiedener Forscher über das Vorkommen von contractilen Faserzellen bei diesen Thierklassen.

---

[1]) Archiv f. Anat. 1861. S. 53.

*) Ich habe neuerdings in Genua Cephalopoden (Octopus, Loligo) frisch untersucht. Sowohl die Muskellagen der Arme, als die des Mantels bestehen gänzlich aus langen, schmalen, an den Enden scharf zugespitzten spindelförmigen Zellen, welche sehr viel Aehnlichkeit mit denen der Gasteropoden und Acephalen haben (Fig. XIII.). Der einfache Kern ist oval, enthält 1 bis 2 Nucleoli, und liegt in der Mitte der Zelle. Quergestreift war der contractile Inhalt weder an frischen, noch an den mit Kalilösung behandelten Muskeln.

So fand H. Müller[1]) in der äusseren Haut der Cephalopoden um jede Chromatophore „Faserzellen radiär angeordnet, worin die Kerne häufig sehr deutlich sind.“ Leuckart[2]) hat kolossale spindelförmige Muskelzellen (von 1—2''' Länge) von Heteropoden (Firula) beschrieben und ebensolche mit quergestreiftem Inhalt bei Salpen gefunden. Leydig bildet in seiner Histologie eine verästelte Muskelzelle von Carinaria (S. 43) ab, und Kölliker[3]) fand sowohl bei Cephalopoden und Heteropoden, als auch bei vielen Kammkiemern die Muskeln aus Zellen zusammengesetzt.

In der Klasse der Würmer zeigen die Zellen, aus welchen auch hier die Muskeln bestehen, eine weit grössere Mannichfaltigkeit der Form. Ich beginne mit den einfachen.

Bei Lumbricus terrestris lässt sich die gesammte Muskulatur des Hautmuskelschlauchs in spindelförmige Zellen von 1,11 Mm. und mehr Länge mit einfachem ovalem oder kreisrundem Kern zerlegen. Dieselben sind platt, bis zu 0,0205 Mm. breit, ihr contractiler Inhalt vollkommen homogen. Der Pharynx zeigt eine Muskulatur aus ganz ähnlichen, nur dickeren (bis 0,0025 Mm.) und rascher zugespitzten Zellen. Der kleine Kern ist unscheinbar und nicht in jeder Lage der Zelle sichtbar (0,019 Mm. Länge bei 0,0025 Mm. Breite). Nicht selten zeigen die mit Kalilösung isolirten Zellen eine ganz scharfe und ziemlich dichte Querstreifung, mit der eine feine Kräuselung der sonst glatten Ränder Hand in Hand geht, welche also ohne Zweifel nur durch Fältelung der Zellmembran zu Stande kommt (Fig. XIV *a.*). Letztere lässt sich recht hübsch deutlich machen durch Zusatz von Essigsäure zum frischen Gewebe. Die Faser wird sehr blass, quillt auf, und die Membran erscheint als scharfer doppelter Contur. Alle Muskeln von Lumbricus bestehen aus Zellen und zwar meist aus einfach spindelförmigen; selten sind dieselben an einer Seite zweizinkig; in der Körperwand haben sie oft buchtige, feinzackige Ränder (Fig. XIV *b.*).

Bei Nais ähneln die Muskelzellen häufig denen der Schnecken (Fig. XXIII *A. A.*), sie sind zum Theil sehr platt, nach dem einen in feine Fransen auslaufenden Rande zu verdünnt; der kleine, Kernkörperchen-haltige Kern liegt oft dicht am Rand der Zelle und buchtet diesen halbkugelig hervor, oder er liegt auch innerhalb eines Vorsprungs oder

---

1) Ueber den Bau der Cephalopoden. Zeitschr. f. wissensch. Zool. IV. 337.
2) Zoolog. Untersuch. Giessen, 1853.
3) Würzburg. Verh. VIII. 109.

Fortsatzes der Zelle. Sehr schmale und lange (0,258 Mm.) spindelförmige Zellen sind ebenfalls häufig anzutreffen (Fig. XXIII *B.*), der Kern sitzt ihnen uhrglasförmig auf. Ausserdem finden sich noch Formen, welche den später zu beschreibenden querabgestutzten Zellen einiger Hirudineen ähneln.

Sehr merkwürdige Formen von Muskelzellen kommen bei den Hirudineen vor. Wie bekannt findet sich hier eine Differenzirung der Masse, welche den Sarcolemma- (Zellen-) schlauch anfüllt, in Rinden- und in Marksubstanz. Die Rindensubstanz ist in frischem Zustand vollkommen homogen, stark lichtbrechend, die Marksubstanz feinkörnig, eine klare, zähe Flüssigkeit, in welcher eine Menge kleiner, dunkler Körnchen eingebettet sind. Ganz frisch mit Wasser zerzupft contrahiren sich die Muskeln des Blutegels nicht selten noch unter dem Mikroskop. Es entsteht dann eine strömende Bewegung in der Marksubstanz, die Körnchen drängen sich von beiden Enden her gegen den Kern zusammen, an dem Schnittende der Faser zieht sich die Marksubstanz ins Innere zurück, und zwar in einer Weise, die deutlich zeigt, dass sie eine festere Consistenz, als die einer Flüssigkeit haben muss (Fig. XV *B.*)

Die Trennung des Zelleninhalts in Rinden- und Marksubstanz findet sich bei allen Hirudineen, die ich darauf untersucht habe, nicht immer aber ist die Rindensubstanz auch wirklich Rinde, d. h. eine die Marksubstanz vollkommen einschliessende Schicht, sondern letztere kann auch zu Tag, d. h. dicht unter die Zellmembran treten, und giebt so Veranlassung zu mancherlei seltsamen Formationen, deren auffallendste bei den Nematoden vorkommt.

Bei Hirudo bestehen die Muskeln der Körperwände aus riesigen Spindelzellen von einfachster Gestalt (Fig. XV *A.*). Mit Kalilösung isolirt zeigen sie glatte, scharfe Ränder; die helle, stark lichtbrechende Rindensubstanz umgiebt als Mantel die körnige Marksubstanz. In letzterer liegt der ovale Kern. Die Zelle ist nicht so platt und bandförmig wie bei den Mollusken, sondern stellt vielmehr eine Röhre dar, deren Querschnitt vom kreisrunden zum ovalen und rundlich polygonalen übergeht. Die Länge der Zellen beträgt 1,17—1,78 Mm., die Breite an der Kernstelle 0,023—0,025 Mm., die Dicke der Rindensubstanz 0,0038 Mm. Es findet sich stets nur Ein Kern, der häufig schon ohne Anwendung eines Reagens an den frischen Fasern deutlich ist, eine Membran besitzt, wasserklaren Inhalt, und ein Kernkörperchen, also alle Eigenschaften eines lebensthätigen Kerns. Seine Grösse gegenüber der der Zelle ist freilich sehr unbedeutend, sie beträgt 0,010—0,012 Mm.;

er fehlt nie, der Nucleolus misst 0,0017 und mehr im Durchmesser. Wird zu den frischen Muskelfasern Essigsäure gesetzt, so erblasst Rinden- und Marksubstanz, und nur die Zellmembran (das Sarcolemma der Autoren) tritt als scharfer doppelter Contur hervor. Noch schöner sieht man dieselbe, wenn die Muskeln einige Stunden in Wasser gelegen haben (Fig. XV *C.*). Es hebt sich dann die Zellmembran nicht selten auf weitere Strecken hin ab, und schlägt Falten. Zugleich tritt dabei eine eigenthümliche Querstreifung der Rinde ein, was mir um so merkwürdiger scheint, als an der lebendigen Zelle eine solche auch während der Contraction nicht wahrzunehmen ist. Die Rindenschicht zerfällt in ziemlich regelmässig gruppirte, stark lichtbrechende Partikeln und in hellere Zwischenräume, so dass der Anschein einer groben Querstreifung hervorgebracht wird (Fig. XV *D.*).

In den Muskeln der Körperwand liegen diese kolossalen Zellen in grösseren und kleineren Gruppen beisammen, durch Bindegewebe zu Bündeln vereinigt, welche in der äusseren Schicht circulär, in der inneren und stärkeren längslaufend sind*). Ausserdem kommen aber noch Zellen vor, welche senkrecht zur Fläche der Haut verlaufen und die beiden andern Muskelschichten durchsetzen. Diese sind in der Körperwand sehr sparsam vorhanden, nehmen aber in der Nähe des vordern und besonders des hintern Saugnapfs an Menge rasch zu und finden sich im Saugnapf selbst in grösster Menge vor. Ein in radiärer Richtung durch die Mitte der hintern Saugscheibe geführter Schnitt zeigt von aussen nach innen folgende Schichten. Zu äusserst, sehr nahe unter der Epidermis, liegen im Bindegewebe der Cutis die querdurchschnittenen Zellenbündel der Circulärfasern, welche offenbar die einfache Fortsetzung der Ringfasern der Leibeswand sind, sodann folgen die dem Schnittrande parallellaufenden radiären Bündel, die Fortsetzung der Längsfaserschicht der Leibeswand. So wenigstens verhält es sich an der obern Fläche des Saugnapfs, an der unteren ist es umgekehrt, die radiären Muskelzüge liegen aussen, die circulären innen. Zwischen diesen beiden Muskellagen der obern und untern Fläche des Saugnapfs besteht das Gewebe aus klarem lockeren Bindegewebe, in welchem eine

*) In dem klaren Bindegewebe, welches zwischen den Muskelbündeln liegt, sind eine Menge der von Leydig bei Piscicola entdeckten einzelligen Drüsen gelegen. Sie haben einen langen Ausführungsgang, messen 0,0258—0,0517 Mm. im Durchmesser und enthalten ausser einem blassen, granulirten Inhalt einen schönen bläschenförmigen Kern. Sie liegen nicht nur im Saugnapf, sondern überall in der Körperwand. Dies gelegentlich.

Menge Muskelzellenbündel in verschiedener Richtung sich durchkreuzen, bald mehr circulär, bald mehr radiär verlaufend. Die Fasern aber, auf welche ich hier die Aufmerksamkeit lenken möchte, durchsetzen alle übrigen Muskelschichten, indem sie gradewegs von der untern Fläche zur obern verlaufen, auf einem radiären Schnitt also von einem Schnittrand zum andern. Diese Muskelzellen enden beiderseits in der Cutis, und zwar lösen sie sich dabei in eine Menge feiner Zweige ruthenförmig auf, welche bis zur Oberfläche der Cutis durchdringen. An gut gelungenen Schnitten erkennt man dies Verhalten sehr schön, und mit Kalilösung lassen sich die Zellen mit Leichtigkeit isoliren. Es sind (Fig. XVI) schmale und ziemlich platte Zellen, welche an den beiden Enden sich ruthen- oder baumförmig verästeln und dann sehr rasch in eine Menge ganz feiner und kurzer Endspitzchen zerfahren. Ihre Länge ist verschieden, je nachdem sie der Peripherie oder dem Centrum der Saugscheibe näher lagen. Die Scheidung in Rinden- und Marksubstanz geht nicht durch die ganze Zelle, sondern die Marksubstanz erstreckt sich vom Kern, der hier zuweilen doppelt ist, nach beiden Seiten bis gegen die Stelle der ersten Theilung hin. Sodann bildet nur noch Rindensubstanz den Inhalt des Zellenschlauchs, die Endreiser sind ganz homogen, stark lichtbrechend und haben scharfe, glatte Ränder.

Es ist klar, dass bei der Zusammenziehung einer solchen Zelle eine ganze Reihe von Punkten der Haut auf einmal angespannt werden muss, entsprechend der Anzahl der Endspitzen. Eine jede Zelle beherrscht ein kleines Territorium auf der Haut. Auf diese Weise wird bei geringem Kraftaufwand eine sehr ausgebreitete und gleichmässige Wirkung erzielt.

Die in der Leibeswand sparsam vorhandenen senkrecht die Haut durchsetzenden Muskelzellen enden ebenfalls baumförmig. Die grossen Muskelzellen der herzartig pulsirenden Seitengefässe habe ich bereits andern Ortes beschrieben. Die Kiefermuskeln bestehen aus Zellen, die sich von denen der Körperwand nur durch eine geringere Länge unterscheiden. Der vordere Saugnapf enthält dieselben drei Zellenrichtungen, wie der hintere.

Die Muskulatur der übrigen Hirudineen schliesst sich an die von Hirudo an. Bei Aulocostomum finden sich im hintern Saugnapf ausser Zellen mit baumförmiger Verästelung der Enden, Formen, wo die Zelle, ähnlich dem dreifüssigen Untergestell eines Bronceleuchters, sich in drei gleichdicke

Endäste theilt, deren jede dann wiederum in wenige, kurze, gleichsam greifende Spitzen endet (Fig. XVII).

Bei Piscicola hat Leydig bereits vor längerer Zeit aus der Kopf- und Fussscheibe „dichotomische Theilungen der radiären Muskeln“ beschrieben und abgebildet.[1] Er sah dabei „die Aeste sich verschmälern, merkwürdigerweise aber in ihrer Endausbreitung sich wieder bedeutend verbreitern und durch ihre hellen Randschichten mit einander verschmelzen.“ Letzteres beruht wohl auf einer bei Beobachtung an Durchschnitten sehr verzeihlichen Täuschung, hervorgebracht durch die Anspannung der Ansatzpunkte der Zellenenden. Isolirt zeigen die Zellen kurze, fingerförmige Verästelung der Enden, welche nicht wieder mit einander verschmelzen, häufig aber mit einer kleinen dreieckigen Verbreiterung aufhören (Fig. XVIII *A.*).

Die Mukelzellen der Körperwand sind alle einfach spindelförmig, höchstens die Ränder etwas ausgebuchtet oder die Enden in einige kurze Spitzen ausfahrend, nie mit grösseren Aesten (Fig. XVIII. *B.*). Die querverlaufenden Zellen sind länger und meist schmaler, als die Längsfaserzellen, welche letztere deshalb auch deutlicher die Scheidung in Rinden- und Achsensubstanz zeigen. Der Kern ist häufig undeutlich.

Charakteristisch für die Muskelzellen von Branchiobdella ist das Zurücktreten der Marksubstanz, die fast ganz auf die nächste Umgebung des Kerns beschränkt ist. Alles Uebrige ist Rindensubstanz.

In der Körperwand von Branchiobdella sind zwei Faserrichtungen vertreten, längs- und querlaufende Muskelzüge. Die Ringmuskelschicht besteht aus sehr langen, reiserartig gestalteten Zellen (Fig. XIX. *A.* und *F.*), an denen der eigentliche Zellenkörper meist sehr zurücktritt gegen die enorm langen, mehrfachen, schmalen Fortsätze. Besonders häufig ist die in Fig. XIX. *A.* abgebildete Form mit vier Ausläufern, deren je zwei parallel laufen. Die Ausläufer besitzen nicht immer glatte Ränder, sondern sind buchtig, senden kleine Aeste aus, oder sind mit einzelnen fransenartigen Anhängen besetzt. Die Längsfasern bestehen aus mehr breiten, platten, entweder spitz mit mehreren nebeneinander liegenden Enden, oder aber, und dies häufiger, breit und mit vielen kleinen kurzen Zacken endend, und in die entsprechenden Einzackungen der folgenden Zelle eingreifend. Der Kern liegt nicht immer in der Mitte der Länge, sondern oft ganz am einen

[1]) Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. I. S. 103.

Ende, stets eingebettet in eine grössere oder geringere Menge der körnigen Substanz, welche bei den übrigen Egeln das Mark der Zellenröhren bildet. Sehr seltsam ist die Form von Zellen, wie sie Fig. XIX. *C.* und *E.* darstellt. Die Zelle ist blattförmig, mit vielen runden Löchern und grösseren Spalten, sie ist enorm breit, am einen Ende schräg abgestutzt und mit kurzen zahnartigen Fortsätzen besetzt, am andern Ende in vier längere und breite Fortsätze gespalten. Nicht nur die leichte Isolirbarkeit dieser Formen mittelst Kalilösung beweist ihre Zellennatur, sondern auch der nie fehlende, kleine, ovale Kern, welcher eingebettet ist in einen Haufen körniger Marksubstanz.

Ob auch bei Branchiobdella in senkrechter Richtung Fasern die Haut durchsetzen, muss ich zweifelhaft lassen, doch ist es mir wahrscheinlich. Ich beziehe hierauf Zellenformen, wie sie in grosser Anzahl im vordern Saugnapf vorkommen, und dort in radiärer Richtung verlaufen. Diese Zellen sind kurz, dick, zapfenförmig, (Fig. XIX. *D.*) laufen auf der einen Seite in 4—5 kurze, geknöpfte Zipfel aus, auf der andern sind sie quer abgestutzt, und ähneln dem Rand einer Trepankrone. Häufig sind Längsspalten in der Masse. Der Kern liegt hier wirklich im Centrum, wie immer umgeben von einer geringen Menge Marksubstanz.

Die eigenthümlichste Ausbildung der Muskelzellen findet sich bei den Nematoden. Durch die Untersuchungen von Eberth[1]) ist es bereits bekannt, dass die schon früher beobachteten blasigen Körper auf der Innenfläche des Hautmuskelschlauchs mit den einzelnen Muskelfasern in organischem Zusammenhang stehen, dass sie Anhänge jener sind. Von ihnen gehen bei Heterakis vesicularis blasse Fortsätze aus, welche sich mit den Fortsätzen eigenthümlicher Zellen verbinden, und nach des Verfassers Ansicht Theile eines sehr ausgebildeten Ernährungsapparates sind. Schneider[2]), der eine ganze Reihe von Nematoden auf ihre Muskulatur untersucht hat, beschreibt ebenfalls ein sehr complicirtes System bandartiger Fortsätze, welche die Muskelfasern theils mit der Medianlinie, theils mit dem Darm verbinden, er geht aber in Bezug auf den hier festgehaltenen Gesichtspunkt noch einen Schritt weiter als Eberth, indem er klar ausspricht, dass die Muskel-

---

[1]) Zur Organisation v. Heterakis vesic. Würzb. naturwissensch. Zeitschr. Bd. I. S. 41.

[2]) Ueber Muskeln und Nerven der Nematoden. Archiv f. Anat. 1860. S. 243.

fasern der Nematoden nichts Anderes sind, als einfache Zellen. Hierin, wie auch in der speciellen Auslegung des Baues dieser Zellen kann ich ihm nur vollkommen beistimmen.

Bei Ascaris lumbricoides verhält sich die Sache folgendermassen. Der Muskelschlauch besteht aus einer Lage längslaufender Zellen. Diese sind platt und stehen auf der Kante, sie haben also einen der Hautfläche zugewandten äussern, und einen der Körperhöhle zugewandten innern Rand, und liegen wie die Blätter eines Buchs aneinander gepresst rings um die Leibeshöhle herum. Wird ein Stück des Thiers in Kalilauge macerirt, so erhält man die Zellen isolirt, als sehr lange, breite und relativ platte Körper, welche von der Mitte nach den beiden Enden zu sich ziemlich rasch und fein zuspitzen, jede Hälfte nicht unähnlich einem Schilfblatt. Die Fläche der Zelle ist blass, von feinen parallel nebeneinander liegenden Längsstreifen durchzogen (Fig. XIX. *A*.). Der äussere Rand verläuft grade und ist vollkommen glatt, ihn begrenzt ein schmaler heller Streif (*a*). Der innere Rand (*b*) läuft von der Mitte aus schräg gegen den äusseren hin, und bewirkt so die Zuspitzung der Zelle; er ist nirgends so glatt wie der äussere, gegen die Spitzen der Zelle hin sehr dünn zugeschärft, gegen die Mitte aber erreicht die homogene längsstreifige Masse nicht den Rand, sondern dieser wird von einer feinkörnigen Masse gebildet, ganz ähnlich derjenigen, welche die Marksubstanz der Muskelzellen des Blutegels ausmacht. Diese Masse stülpt sich grade in der Mitte der Zelle, umhüllt von der Zellmembran zu einem Fortsatz von enormer Grösse aus, der im Allgemeinen rechtwinklig von der Zelle absteht, und bald an seiner Basis am breitesten ist und nach seinem Ende zu sich allmälig verschmälert, bald mit dünnem Stiel festsitzend, am Ende zu einer kugligen oder eiförmigen Blase anschwillt. Zwischen diesen Extremen finden sich alle Zwischenformen. Der Kern (*c*) ist im Verhältniss zur Grösse der Zelle sehr klein, oval, mit deutlichem doppeltem Contur, klarem Inhalt und sehr grossem homogenem Kernkörperchen. Er liegt stets in der Basis des Fortsatzes inmitten der körnigen Masse, fehlt nie, kann aber durch die ihn umgebenden Körner verdeckt werden und ist dies sehr häufig, besonders in unverletzten Zellen, während er an Zellen, deren kolbige Fortsätze abgerissen sind, stets sehr deutlich zu beobachten ist. Der Kern hat eine Länge von 0,0423—0,0499 Mm., während das kugliche Kernkörperchen bis zu 0,0096 Mm. misst. Die ganze Zelle schwankt von 1,142 — 1,85 Mm. in der Länge, ihre grösste Breite (ohne den Fortsatz) ist 0,206 Mm. Die Grösse

des Fortsatzes steht nicht in Abhängigkeit von der Grösse der Zelle, oft kommt derselbe an Länge der halben Länge der Zelle gleich. An einer Zelle von 1,42 Mm. Länge fand ich den Fortsatz 0,714 Mm. lang, die grösste Länge eines solchen war 0,99 Mm. Schon für's blosse Auge sind die isolirten Zellen sammt Fortsätzen sehr wohl erkennbar. Sind sie noch in situ, so erscheinen die Fortsätze als eine flockige Masse, welche der Innenseite der Muskelschicht aufsitzt und dieselbe mit dem Darm verbindet.

Der scheinbar complicirte Bau dieser Zellen löst sich sehr einfach, wenn man die längsstreifige Substanz als Rinde, die körnige als Mark auffasst; das Mark tritt am innern Rand der Zelle durch eine Spalte der Rindensubstanz frei hervor, die grösste Masse desselben liegt ausserhalb dieser Spalte, und nur eine dünne Schicht zwischen den beiden dicht aufeinander liegenden Blättern der Rindensubatanz. Von der Richtigkeit dieser Anschauung überzeugt am leichtesten der Querschnitt (Fig. XX. *C.*) Hat der Schnitt die Zelle grade in der Mitte ihrer Länge getroffen, so bildet die Rindensubstanz (*a*) die Schenkel eines sehr spitzen Winkels, dessen Scheitel nach aussen schaut und dessen Oeffnung eine dünne Schicht feinkörniger Marksubstanz (*b*) ausfüllt. Entsprechend dem Auseinandertreten der Schenkel wird diese Schicht breiter und verlängert sich über die Rindensubstanz hinaus in einen breiten, am Ende quer abgestutzten, oder abgerundeten Fortsatz. Es gelingt nur selten, einen Querschnitt des Fortsatzes zu erhalten, meistens reisst derselbe ab; noch seltener sieht man in seiner Basis den Kern (Fig. XX. *C.*). An Spiritusexemplaren hebt sich zuweilen die feine Zellmembran vom Fortsatz und zuweilen auch stellenweise von der Rindensubstanz ab. Hat der Schnitt die Zelle näher der Spitze getroffen, so umschliesst die Rindensubstanz vollständig die Marksubstanz; letztere bildet nur einen dünnen Streifen zwischen den beiden nahezu parallel laufenden Blättern der Rindensubstanz.

Aber auch an den isolirten und von der Fläche gesehenen Zellen lassen sich die Verhältnisse von Rinden- und Marksubstanz ganz gut erkennen. Bei scharfem Zusehen entdeckt man den innern Rand der Rindenschicht als feine, über die körnige Marksubstanz wegziehende Längslinie; die Umschlagstelle der Rindenschicht am äussern Rand macht sich als der oben beschriebene helle Saum bemerklich. Das Vorhandensein einer dünnen Schicht von Marksubstanz zwischen den Blättern der Rindensubstanz lässt sich durch Senken des Tubus con-

statiren, und noch besser an Umschlagsstellen der Zelle, wo dieselbe im scheinbaren Querschnitt gesehen wird.

Was die feine und scharfe Längsstreifung der Rindensubstanz betrifft, so erscheint sie im Querschnitt als Querstreifung, welche durch die ganze Dicke des Rindenblattes durchgeht, also nicht von einer Fältelung der Oberfläche herrührt. Man kann sie wohl mit der Fibrillenbildung der contractilen Substanz in den Primitivbündeln von Arthropoden und Wirbelthieren zusammenstellen. Im Wesentlichen ist es dieselbe Erscheinung, die contractile Substanz hat sich in Längsfasern gespalten, nur dass die hier gebildeten Fibrillen nicht drehrund sind, sondern feine, schmale Blätter darstellen, welche senkrecht zur Oberfläche der Rindensubstanz stehen; auch isoliren sie sich nicht leicht (was freilich auch sonst vorkommt). Erst durch mehrstündige Einwirkung von Kalilösung löst sich das Bindemittel, welches dieselben zusammenhält, und die Rindensubstanz zersplittert in feine Fasern, von denen gewöhnlich mehrere aneinander kleben, und die bei Ascaris mystax auf der Kante stehend genau 0,0017 Mm. Durchmesser haben. An dem Fortsatz der Marksubstanz lässt sich keine weitere Structur erkennen. Innerhalb der Zellmembran liegen feine Körnchen in klarer, wahrscheinlich auch hier zäher Grundsubstanz.

Die Muskelzellen von Ascaris mystax zeigen im Wesentlichen dieselben Verhältnisse, doch ist hier der Spalt der Rinde zum Durchtritt der Marksubstanz länger, auch bildet letztere nicht einen einzigen sehr grossen, blasigen oder beutelförmigen Fortsatz, sondern sie erscheint vielmehr als eine mehr oder minder lange hahnenkammartige Firste mit mehreren kleinen Vorsprüngen und Einbuchtungen, von denen aus dann zwei oder drei schmale bandartige Fortsätze abgehen (Fig. XXI.) Ueber die Zellennatur der primitiven Muskelelemente scheint mir auch hier kein Zweifel möglich zu sein, obgleich sich hier nicht selten zwei, sogar drei Kerne in einer Zelle finden.

Merkwürdig ist die Art, wie die Contraction der Zellen vor sich geht. Behandelt man eine Ascaris frisch mit Kalilösung, so contrahirt sich die ganze Muskelschicht. Man findet dann den äussern Rand einer jeden Zelle in weitgeschwungener Wellenlinie verlaufen (Fig. XX. *B*). Die Frage, welche sich Schneider aufwirft, in welcher Richtung, und ob überhaupt in einer bestimmten Richtung die einzelnen Zellen sich contrahiren, muss dahin beantwortet werden, dass sie sich in der Längsrichtung zusammenziehen und dass dies

durch eine wellenförmige Kräuselung des äussern Randes der Zelle geschieht. Die Fläche der Zelle bleibt dabei ganz glatt und die Marksubstanz scheint sich an der Contraction nur passiv zu betheiligen.

Von den Cestoden habe ich Taenia serrata öfters frisch mit Kali behandelt. Die Haut dieser Thiere ist aber so fest, dass es ungemein schwer hält, die feinen Muskelfasern zu isoliren, ohne sie abzureissen. Dieselben liegen parallel nebeneinander, sind ziemlich lang und zeigen den Glanz der contractilen Substanz. Nur selten erkennt man den kleinen ovalen Kern.

Auch Planarien bieten wegen der Kleinheit ihrer Elemente der Untersuchung Schwierigkeiten dar. Es existirt hier eine Längs- und eine Quermuskelschicht. Beide bestehen aus Zügen feiner, homogener 0,0017 Mm. dicker, stark lichtbrechender Fasern, die in der Mitte ihrer Länge zu einer grösseren Breite (—0,0051 Mm.) anschwellen, und dann einen Kern enthalten. In Masse zusammenliegend ähneln die häufig wellig gebogenen Faserzüge dem fibrillären Bindegewebe der Wirbelthiere. Isolirt gleichen sie den Muskelzellen kleiner Süsswasserschnecken, sind spindelförmig oder auch blattartig mit gezackten Rändern, bis zu 0,06 Mm. lang. Einige finden sich von noch grösserer Länge, bis zu 0,07 Mm., diese sind aber schmal und faserartig. Der Kern bietet sich nicht immer dem Auge dar, doch habe ich ihn wiederholt mit Sicherheit beobachtet, er ist oval, 0,0017—0,0086 Mm. lang. Leichter ist es über die Muskulatur des Pharynx ins Klare zu kommen. Hier sind ebenfalls zwei rechtwinklig aufeinander sich kreuzende Schichten vorhanden, Längs- und Quermuskeln. Beide bestehen aus schmalen, ziemlich langen, nur mit ganz kurzen Seitenästchen versehenen Zellen, deren kleiner, ovaler, pellucider Kern seitlich aufsitzt.

Muskeln der Echinodermen und Coelenteraten.

Eigene Beobachtungen über diese Thierklassen besitze ich nur sehr wenige, es mangelte das frische Material; wenn ich aber die von andern gegebenen Darstellungen vom Bau der Muskulatur einzelner hierher gehöriger Thiere überblicke, so bleibt mir kaum ein Zweifel, dass auch hier, wie bei

Würmern und Mollusken selbstständige Zellen das Muskelgewebe zusammensetzen.

Kölliker[1]) fand die Muskeln von Echinus wie von Holothuria aus Spindelzellen von bedeutender Länge zusammengesetzt, in den Fangfäden der Siphonophoren beobachtete er sehr kleine Muskelzellen. Ich selbst habe nur Echinus frisch untersucht und kann die Beobachtung Kölliker's bestätigen. Bei einem Spiritusexemplar von Holothuria, welches ich der Güte meines hochverehrten Freundes Hrn. Prof. Leuckart verdanke, liessen sich die Längsmuskeln, die bekanntlich hier zu ungemein starken und dicken Bändern entwickelt sind, mittelst Kali in einfache Zellen zerlegen von geringer Länge und spindelförmiger Gestalt. Der Kern war, wohl durch die Einwirkung des Spiritus, nicht mehr zu erkennen, der contractile Inhalt homogen.

Bei Asteracanthion rubens (ebenfalls Spiritusexemplar) fand ich in der Wand der Ampullacralbläschen dünne, lange, an den Enden in mehrere Spitzen ausfahrende Muskelzellen, welche sich ohne Anwendung eines Reagens leicht isoliren liessen, bandartig aussahen und einen sehr blassen Kern erkennen liessen.

Leydig[2]) hat nachgewiesen, dass bei Hydra die Muskulatur aus Zellen besteht, und ich kann ihm nur beistimmen, ob ich gleich hinzufügen muss, dass es mir bei den verschiedenen Arten von Hydra niemals gelungen ist, mittelst der Kalilösung diese Muskelzellen zu isoliren.

Von den Medusen giebt Agassiz[3]) an, dass ihr ganzer Körper aus wahren Zellen bestünde, die nur in ihrer Form als Muskelfaserzellen, ovale Nervenzellen u. s. w. variirten. Derselbe Forscher beschreibt die Muskulatur der Sarsia mirabilis[4]) als aus ovalen, oder flaschenförmigen, reihenweise angeordneten Zellen bestehend. Auch Fritz Müller[5]) sagt von den Ringmuskelfasern im Velum einer neuen Schirmqualle, Liriope catharinensis: „Die Muskeln scheinen aus spindel-

---

[1]) A. a. O.

[2]) Einige Bemerkungen über den Bau der Hydren. Müller's Arch. 1854. S. 270.

[3]) Ueber die Zusammensetzung des Medusenkörpers. Auszug in Carus' Jahresbericht in Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. VII., S. 19.

[4]) Beiträge z. Naturgeschichte d. Acalephen. Mem. Amer. Acad. of Arts and Sc. N. S. IV. T. 2, p. 221.

[5]) Zwei neue Quallen von Santa Catharina. Abh. d. naturf. Gesellsch. zu Halle. Bd. V, 1.

förmigen Fasern zusammengesetzt zu sein", worunter denn wohl Muskelzellen zu verstehen sind.

Kölliker[1]) fand bei Pelagia und Cassiopeia die Muskeln aus Spindelzellen zusammengesetzt und Max Schultze[2]) beschreibt die Muskeln der Scheibenquallen als aus „quergestreiften, kernlosen (?) Faserzellen" gebildet.

Schluss.

Wir sehen demnach die Muskulatur der Thiere nach zwei Typen gebildet, deren einen man den Zellentypus, den andern den Typus des Primitivbündels*) nennen kann. Nach dem einen setzen sich die Muskeln aus Zellen zusammen, nach dem andern bestehen sie aus besondern Organen, den sog. Primitivbündeln. Als einen, wenn auch nicht thatsächlich, doch historisch berechtigten Namen behalte ich den Ausdruck bei und verstehe darunter eine genetisch zusammengehörige, in der Regel cylindrische Masse contractiler Substanz, in welcher Kerne in verschiedner Menge und Anordnung liegen, und welche von allen Seiten umschlossen ist von einer homogenen, structurlosen, kernlosen Membran, dem Sarcolemma, nach seinen chemischen Eigenschaften dem elastischen Gewebe zuzurechnen. Mir sind keine Uebergangsformen bekannt zwischen der Muskelzelle und dem Primitivbündel, und ich kann den Forschern nicht beistimmen, welche den Unterschied zwischen beiden Geweben für unwesentlich halten. Es ist wahr, dass viele der Eigenschaften, welche man früher für charakteristische Merkmale hielt, nicht mehr als solche zählen können. Die Benennung „quergestreifte und glatte, organische und animalische, willkürliche und unwillkürliche" Muskeln haben keine Berechtigung mehr; quergestreifter Inhalt findet sich auch in Zellen eingeschlossen, und die Art der physiologischen Reaction des Gewebes zeigt sich weniger abhängig von ihrer histologischen Structur, als vielmehr von andern zum Theil unbekannten Umständen, hauptsächlich wohl der Art der Innervirung.

---

[1]) A. a. O.

[2]) Ueber den Bau der Gallertscheibe der Medusen. Müller's Arch. 1856. S. 311.

*) Das unbequeme Wort schliesst wenigstens jedes Missverständniss aus und verdient so den Vorzug vor „Muskelfaser".

Dass der histologische Werth der Muskelzelle und des Arthropodenprimitivbündels ein ganz verschiedner ist, geht aus der oben mitgetheilten Genese des Letzteren hervor, allein auch das Primitivbündel der Wirbelthiere scheint mir von der Zelle sehr weit entfernt zu sein, wenn es auch ursprünglich aus einer solchen hervorgegangen ist. Ich sehe hier bedeutende Verschiedenheiten, nicht nur in den morphologischen Eigenschaften der einzelnen Gewebselemente, sondern auch in der Art ihrer Gruppirung zu Organen.

Vor Allem hat die Zelle in ihrem Kern ein einziges Centrum, während ein Primitivbündel, mag es entstanden sein auf welche Weise es wolle, stets eine Vielheit von Kernen, von Ernährungscentren (wenn der Ausdruck erlaubt ist) enthält. Dass auch in einer Muskelzelle zwei, ja selbst drei Kerne vorkommen können, hebt diesen Unterschied keineswegs auf, da doppelte Kerne in einer Zelle stets als Vorbereitung zur Theilung angesehen werden können, drei Kerne aber zu den grössten Seltenheiten gehören. Solche mehrfache Kerne liegen überdies in der Zelle dicht beisammen, während sie im Primitivbündel weit umhergestreut sind. Auf diese Unterschiede lege ich übrigens kein so grosses Gewicht, als auf den Umstand, dass in der That keine Uebergangsglieder existiren zwischen Zelle und Primitivbündel. Wenn es sich in einem speciellen Fall darum handelte zu entscheiden, welches von beiden Elementen vorliegt, so würde man niemals zweifelhaft sein können, eben so wenig als man zweifelhaft sein könnte, ob das ganze Gewebe dem Zellentypus oder dem Primitivbündeltypus zuzurechnen sei. Und dies führt mich auf den zweiten Punkt, nämlich die Anordnung der Elemente zu Organen. Hier scheinen mir die bekannten und oft besprochenen Verschiedenheiten vollkommen genügend, um eine typische Verschiedenheit der Gewebe zu statuiren.

Die Primitivbündel haben ihre Ansatzpunkte mit den Ansatzpunkten ihres Muskels gemein, ein jedes von ihnen geht von Sehne zu Sehne; die Muskelzellen sind kürzer als der Muskel oder die Muskellage, welche aus ihnen sich zusammensetzt, sie fügen sich in der bekannten Weise dachziegelförmig zusammen, und es müssen stets mehrere sich aneinanderreihen, um von einem Ende des Muskels zum andern zu reichen. Auch können hier Muskellagen sich wechselseitig durchkreuzen, während Primitivbündel stets mehr oder weniger parallel nebeneinander liegen. Allerdings giebt es von den meisten dieser Criterien Ausnahmen, es kommen in den Stammesmuskeln der Wirbelthiere einzelne Primitivbündel vor,

welche mitten im Muskelbauch endigen, sowie umgekehrt bei wirbellosen Thieren, deren Muskeln nach dem Zellentypus gebaut sind, Muskeln sich finden, welche so kurz sind, dass die Zellen von einem Ende des Muskels bis zum andern reichen (Saugnapf des Blutegels, Kaumuskeln des Echinus nach Kölliker), allein es sind dies eben Ausnahmen, bedingt durch locale Eigenthümlichkeiten, welche den so scharf ausgeprägten Charakter der beiden Gewebe nicht verwischen können, und überdies kommt in diesen Fällen dann wieder der Charakter der einzelnen Elemente in Rechnung, um den Typus des Gewebes sicher zu stellen.

Die einzige Form des Muskelgewebes, welche einen Uebergang darzustellen scheint zwischen Zellentypus und Typus des Primitivbündels sind die netzförmigen Muskeln der Wirbelthiere und Arthropoden. Netzförmige Muskeln kommen dadurch zu Staude, dass sich Balken muskulöser Natur untereinander verflechten. Diese Balken können entweder einfach sein, d. h. Primitivbündel vorstellen, oder selbst wiederum aus Muskelzellen zusammengesetzt sein. Im ersten Fall gehört das Gewebe dem Primitivbündeltypus an, im zweiten dem Zellentypus. In die erste Gruppe gehören sämmtliche netzförmige Muskeln der Arthropoden, die Herzmuskeln der Reptilien, Vögel und Säuger, zu der zweiten die Herzmuskeln der Amphibien und Fische. Grade hier aber, wo wir nachweisen können, dass der eine Typus sich aus dem andern entwickelt, bleibt die Grenze zwischen beiden doch ganz scharf gezogen und nur als vorübergehender Zustand lassen sich Mittelglieder finden, Gebilde von denen nicht recht zu sagen, ob sie noch aus Zellen zusammengesetzt, oder schon zu Primitivbündeln verschmolzen sind. Die verzweigten Muskelbündel des Herzens beim menschlichen Fötus bestehen noch dicht vor der Geburt aus Massen von Spindelzellen*), beim Kinde sind dieselben verschmolzen zu Primitivbündeln. Was wir beim Menschen, sowie bei allen Säugern, Vögeln und Reptilien nur als transitorischen Zustand während der embryonalen Periode kennen, finden wir als definitiven Bau bei Amphibien und Fischen. Ein Zwischenzustand aber existirt nicht, höchstens in der Periode der Verschmelzung

*) Uebrigens ist es bei einzelnen der betreffenden Thiere auch bekannt, dass im embryonalen Zustand die Muskeln aus spindelförmigen Zellen bestehen, so bei Paludina und Clepsine durch Leydig (Zeitsch. für wissensch. Zool. I, 103 und II, 125), bei Limax durch Gegenbaur (ebendas. III, 383).

der Zellen, sonst kann immer mit Bestimmtheit gesagt werden, dass das Gewebe nach diesem oder nach jenem Typus gebaut sei.

Betrachten wir die Genese der beiden Arten von Muskelgewebe, so bedarf es kaum der Erwähnung, dass bei dem Zellentypus die Muskelzellen, welche das fertige Gewebe zusammensetzen, von Anfang an nichts anderes waren, als Zellen. Mit dem Nachweis, dass die früher als Primitivcylinder beschriebenen Elementartheile der Muskeln bei Mollusken, Würmern etc. Zellen sind, fallen alle Theorien, die sie auf complicirte Weise sich zusammensetzen liessen.

Die Bildung der Primitivbündel geschieht auf verschiedene Weise.

Die erste und einfachste Art der Genese ist die, dass eine einzige spindelförmige Embryonalzelle contractile Substanz in sich aufnimmt, ihren Kern durch Theilung verdoppelt, und unter steter Vermehrung der contractilen Substanz, sowie der Kerne in die Länge und später auch in die Dicke wächst. Die Zellmembran wird zum Sarcolemma. Nach diesem Schema scheinen sich die Stammesmuskeln der Wirbelthiere zu entwickeln.

Den zweiten Modus finden wir in den Herzmuskeln der Reptilien, Vögel und Säugethiere vertreten: Bündel spindelförmiger Muskelzellen verschmelzen zu einem einzigen cylindrischen Strang, die Zellmembranen schwinden bis auf die an der Aussenfläche des Bündels gelegnen, welche zum Sarcolemma verschmolzen. Die Kerne der Zellen bleiben in ihrer ursprünglichen Lage im Primitivbündel zurück. Es ist mir wahrscheinlich, dass hierher auch die netzförmig anastomosirenden Muskelbündel der Arthropoden gehören, also die Muskeln des Darms, der Ovarien, des Herzens, — doch besitze ich keine Beobachtungen über die Genese dieser Muskeln. Für diesen Typus liesse sich der Ausdruck Primitivbündel rechtfertigen, die Muskelfasern sind hier histologische Einheiten (primitive Elemente des fertigen Gewebes), welche aber, wie die Genese zeigt, aus der Verschmelzung eines Bündels von Zellen hervorgegangen sind. Freilich sollte ursprünglich der Name etwas ganz Anderes andeuten, nämlich die Zusammensetzung der Faser aus Fibrillen. Eine Spaltung der contractilen Substanz in Fibrillen fehlt nun grade bei den verzweigten Primitivbündeln wohl immer.

Der dritte Modus kommt bei denjenigen Muskeln der Insecta metabola vor, welche erst während des Puppenschlafs sich neu bilden. Er besteht im Wesentlichen darin, dass

der Muskel von Anfang an gleich in bedeutender Grösse von einer cylindrischen Masse indifferenter kugliger Zellen angelegt wird, die sich sofort mit einer homogenen Hülle, dem Sarcolemma umgiebt. Die Zellen verlieren ihre Membran und die vervielfachten freien Kerne ordnen sich in bestimmte Gruppen an, um welche sich sodann in verschiedner Weise sarcogene Substanz ablagert, aus der sich die contractile Substanz herausbildet.

Ob nach diesem Modus sich auch die Larvenmuskeln der Insekten bilden, sowie die Muskeln der Insecta ametabola, oder in wie weit sie von demselben abweichen, bin ich nicht in der Lage zu entscheiden, ebenso wage ich nicht eine Ansicht über die Bildung der Primitivbündel bei den Crustaceen zu äussern; weitere Beobachtungen müssen hierüber entscheiden.

Als feststehend scheint mir folgender Satz betrachtet werden zu können: Die Muskulatur der Cölenteraten, Echinodermen, Würmer und Mollusken besteht ganz allgemein aus einfachen Zellen, während bei Arthropoden und Wirbelthieren besondre complicirte Gebilde, die Primitivbündel, die Muskeln zusammensetzen, Gebilde, welche in ihrer definitiven Structur untereinander zwar sehr ähnlich, in ihrer Genese aber und also in ihrem histologischen Werth sehr verschieden sind. Bei den Wirbelthieren findet sich zugleich auch die nach dem Zellentypus gebaute Muskulatur vertreten, den Arthropoden mangelt sie gänzlich. Allein also die Wirbelthiere, und zwar alle Classen derselben besitzen Muskeln nach beiden Gewebs-Typen, den Arthropoden mangelt gänzlich der Zellentypus, den übrigen Classen ebenso vollkommen der Typus des Primitivbündels*).

---

*) Gewiss ist dieses Verhalten auch in rein zoologischer Hinsicht von Bedeutung, indem es die Stellung gewisser Thiere im System mit bestimmen helfen kann. Ich bedaure, dass dahin schlagende Untersuchungen aus Mangel an Material bis jetzt noch aufgeschoben werden mussten. So wäre es vor Allem von Interesse über die Muskulatur der Räderthiere in's Klare zu kommen, dazu sind aber nur die allergrössten Species zu gebrauchen. Nach den schönen Abbildungen, welche Leydig[1]) von Räderthieren gegeben hat, lässt sich allerdings schon vermuthen, dass

[1]) Ueber d. Bau u. d. syst. Stell. d. Räderthiere. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. VI., 1.

Erklärung der Abbildungen*).

Fig. I. Muskelfasern aus den hervorwachsenden Extremitäten der Froschlarve, mit Kalilösung oder Salpetersäure isolirt. *A, B, C, D,* feinste Fasern mit einzelnen anliegenden, oder auch von der contractilen Substanz bereits eingeschlossnen Kernen. Bei *C, b,* schlägt sich die Zellmembran vom Kern auf den querstreifigen Faden herüber. *E* und *F* weiter entwickelte Fasern. *G,* die Kerne stehen alternirend. *H,* Faser mit Axenhohlraum, in welchem die Kerne liegen. *I,* eben solche Faser weiter entwickelt.

Fig. II. Anlage der Thoraxmuskeln aus Larven von Chironomus. *A.* Von einer 1 Cent. langen Larve. Die Kerne noch in Zellen eingeschlossen, welche übrigens kaum zu erkennen; an zwei Stellen (*a. a*) hat sich der Inhalt vom Sarcolemmaschlauch zurückgezogen. *b.* Anlage der Sehne. *B.* Von einer etwas ältern Larve. Die Kerne frei und in Reihen angeordnet. *a.* Isolirte Kerne.

Fig. III. Thoraxmuskeln aus Puppen von Musca vomitoria, mit Essigsäure behandelt. *A.* Längsstreifung noch schwach. *B.* Längsstreifung stark hervortretend.

Fig. IV. Thoraxmuskeln aus einer Puppe von Stratiomys. Spaltung der contractilen Substanz in Fibrillen deutlich, an einer Stelle Querstreifung.

Fig. V. Entwicklung der Thoraxmuskeln bei Simulia tericea. *A.* Aus einer Larve: Sarcolemmaschlauch mit Zellen gefüllt, *a a a* isolirte Zellen, einige mit mehreren Kernen, *b* Klumpen von Kernen ohne umhüllende Zellmembran. *B.* Aus einer etwas ältern Larve; Sarcolemmaschlauch bei *a* gerissen lässt seinen Inhalt: freie Kerne und feine Körnchen, austreten. *C.* Von einer jungen Puppe; die Kerne sind durch abgelagerte sarcogene Substanz zu unregelmässigen Reihen auseinandergedrängt.

D. Stück eines Primitivbündels aus dem Thorax einer Puppe dicht vor dem Ausschlüpfen, mit chromsaurem Kali behandelt, wodurch die Fibrillen etwas schärfer und schmäler erscheinen als mit Wasser. *a.* Isolirte Fibrille. *b.* Die körnige Masse.

E. Ebensolches aus einer etwas jüngern Puppe. Der Muskel hat sich stark zusammengezogen, die Fibrillen *a* sehr dick und die Zwi-

---

ihre Muskulatur nicht aus Zellen zusammengesetzt ist, sondern dem Primitivbündeltypus angehört. Es wäre dies um so merkwürdiger, als es das einzige Beispiel von Primitivbündeln ohne quergestreiften Inhalt abgäbe. Bekanntlich besitzen nur einzelne Räderthiere querstreifige Muskeln. Auch Pentastomum habe ich mir vergeblich frisch zu verschaffen gesucht; eine Untersuchung der Muskulatur dieses Thiers von unserm Standpunkte aus wäre im Hinblick auf die merkwürdigen Resultate der Forschungen Leuckart's[1]) sicherlich von grossem Interesse.

[1]) Bau und Entwicklung der Pentastomen. Leipzig 1860.

---

*) Die Vergrösserung ist, wo es nicht besonders angegeben ist, stets 350. (Kellner, Ocular 1. Object. 3.)

schenräume (*b*) zwischen ihnen sehr breit; *c* das zusammengeschnurrte Sarcolemma.

F. Ein ebensolcher Muskel im scheinbaren Querschnitt. *a* Fibrillen. *b* körnige Zwischensubstanz.

Fig. VI. Verschiedne Entwicklungsstadien der Beinmuskeln von Simulia tericea.

A. Aus einer Larve von 1,1 Cent. Länge; die Kernsäule ist bereits von einer äusserst dünnen Schicht contractiler Substanz umgeben, die, in Natur durch den eigenthümlichen Lichtglanz leicht kenntlich, auf der Zeichnung nur durch eine einfache Conturlinie bezeichnet werden konnte. *a.* Kernsäule. *b.* Der dünne Mantel contractiler Substanz. *c.* Der helle Raum zwischen den Kernen.

B. Aus derselben Larve eine etwas weiter entwickelte Faser.

C. Scheinbarer Querschnitt eines Primitivbündels. *a.* Kerne, *b.* contractile Substanz.

D. Aus derselben Larve eine noch weiter entwickelte Faser.

E. Scheinbarer Querschnitt der Faser *D.*

Fig. VII. Primitivbündel aus den Beinmuskeln einer Puppe von Stratiomys an der Sehne noch festsitzend; *a.* chitinisirende Axe der Sehne, *b.* bindegeweb. Ueberzug. Die Kerne des Muskelbündels sind in feinkörnige Substanz eingebettet.

Fig. VIII. Verschiedne Entwicklungsstadien der Beinmuskeln von Simulia. Der Focus ist stets auf die Mitte des Primitivbündels eingestellt.

Fig. IX. Muskelbündel aus den Beinen des Kohlweisslings (Pontia rapae). *A.* Von einer Puppe; das Sarcolemma (*a*) hat sich abgehoben und die oberflächlich der contractilen Substanz aufliegenden Kerne haben ihre natürliche Lage verlassen; *b.* Sehne. *B.* Vom Schmetterling; nur noch wenige oberflächliche Kerne.

Fig. X. Muskelbündel aus den Beinen von Musca vomitoria. *A.* Von der Puppe, der Mantel contract. Substanz hat sich theilweise zusammengezogen. *B.* Ebensolche in scheinbarem Querschnitt. *C.* Von dem ausgebildeten Insekt.

Fig. XI. Muskelzellen von Schnecken: *A* aus der Lippe und *B* aus dem retractor des Schlundkopfs von Helix pomatia; *C* und *D* aus den Seitenmuskeln der Zunge von Lymnaeus stagnalis. *a.* Kern.

Fig. XII. Muskelzelle aus dem Schliessmuskel von Anodonta cygnea, ohne Anwendung von Reagentien isolirt.

Fig. XIII. Muskelzelle aus dem Mantel von Octopus. *a.* Kern.

Fig. XIV. Muskelzellen von Lumbricus terrestris; *A* und *B* aus dem Pharynx, *C* aus dem Hautmuskelschlauch.

Fig. XV. Muskelzellen des Blutegels: *A* aus dem Hautmuskelschlauch mit Kalilösung isolirt, bei *a* der Kern, *b* Rinde, *c* Mark.

B. Noch zuckungsfähige an einem Ende abgerissne Zelle unter dem Mikroskop sich zusammenziehend. Die Marksubstanz *c* hat sich vom Schnittende zurückgezogen und die Körner liegen um den Kern (*a*) am dichtesten. *b* Rinde.

C. Zelle mehrere Stunden mit Wasser behandelt. Die Zellmembran (*d*) hat sich abgehoben.

D. Eine Zelle, welche noch länger der Einwirkung des Wassers ausgesetzt war. Die Rinde ist querstreifig geworden.

Fig. XVI. Muskelzelle aus dem hintern Saugnapf des Blutegels.

Fig. XVII. Ende einer Muskelzelle aus dem hintern Saugnapf von Aulacostomum.

Fig. XVIII. Muskelzellen von Piscicola geometrica. *A* aus dem Saugnapf, *B* aus dem Hautmuskelschlauch.

Fig. XIX. Muskelzellen von Branchiobdella. *A.* Ringfaser aus dem Hautmuskelschlauch bei schwacher Vergrösserung ($^{200}/_{1}$).

B und *C.* Längszellen ebendaher.

D. Zapfenförmige Zelle aus dem vordern Saugnapf in 4 Zipfel ausfahrend (vielleicht Kiefermuskel?). Vergr. 350.

E. Zelle mit einseitig ansitzendem Kern und buchtigem Rand aus dem Hautmuskelschlauch. Vergr. 200.

F. Ringfaserzelle ebendaher. Vergr. 350.

Fig. XX. Muskelzellen von Ascaris lumbricoides. *A.* Ausgestreckte Zelle, *a* äusserer Rand, *b* Fortsatz (Marksubstanz), *c* Kern.

B. Zelle, die sich durch die Einwirkung der Kalilösung contrahirt hat.

C. Querschnitt mehrerer Zellen, *a* Rinde, *b* Mark, *c* Kern; *d, e, f* näher an den Enden vom Schnitt getroffne Zellen. Vergrössrung 80.

Fig. XXI. Muskelzelle aus dem Hautmuskelschlauch von Ascaris mystax. *a* Rinde, *b* Mark, in hahnenkammförmigen Fortsätzen am Innenrand der Zelle vorspringend. *c* Kern, *d* die bandartigen Fortsätze. Vergr. 80.

Fig. XXII. Muskelzellen von Planaria torva. *A* aus dem Hautmuskelschlauch, *B* aus dem Schlund.

Fig. XXIII. Muskelzellen von Nais.

Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung.

Von

Dr. **Wilhelm Wundt.**

Sechste Abhandlung.

Ueber den psychischen Process der Wahrnehmung.

---

1. Ueber das Gemeingefühl.

Ueber keinen Gegenstand in der Physiologie der Sinne giebt es widersprechendere Ansichten als über jene Perceptionen, die man unter dem so genannten Gemeingefühl zusammenzufassen pflegt. Fast hat es den Anschein, als wäre dieser Name dazu gemacht, in der Theorie der Sinneswahrnehmung ungefähr dieselbe Rolle zu spielen, die so lange der Lebenskraft in der Physiologie zugetheilt war. In der That ist diese Vergleichung nicht eine äusserliche und zufällige: wenn man die physiologischen Arbeiten liest, die vor Johannes Müller geschrieben sind, so sieht man, dass in der damals allgemein angenommenen Hypothese von der Lebenskraft die Lehre vom Gemeingefühl ein nothwendiges Glied bildet. Das Gemeingefühl ist hier nichts Anderes als die besondere Aeusserung der Lebenskraft im Gebiete der Sinnlichkeit, es liegt in demselben unmittelbar das Bewusstsein des körperlichen Daseins im Ganzen und der Lebensthätigkeiten im Einzelnen, es wird daher das Gemeingefühl häufig geradezu als Lebensgefühl bezeichnet und als solches scharf von den äusseren Sinnesempfindungen geschieden, denn dieses Lebensgefühl bedarf eben nicht besonderer Sinnesorgane zu seiner Aufnahme, sondern es ist mit den Lebensprocessen von selber da. Wir

sehen hier im Gebiete der subjectiven Empfindungen denselben Fehler begehen, den die vitalistische Hypothese in der Auffassung der gesammten Lebenserscheinungen macht, den Fehler, dass sie ein verwickeltes Phänomen, statt es zu zergliedern, um es in seinen einzelnen ursächlichen Momenten zu begreifen, als ein unzerlegbares Ganzes betrachtet und daher auf eine einheitliche Ursache zurückführt.

Es ist bemerkenswerth, dass eine verwandte Auffassung des Gemeingefühls bei philosophischen Schriftstellern zum Theil bis in die neueste Zeit sich erhalten hat, und es hat den Anschein, als wenn die Ursache hiervon darin läge, dass die heutige philosophische Abstraction im Allgemeinen noch an einen Standpunkt der Naturwissenschaften anknüpft, der bereits überwunden ist. Man begegnet häufig der Ansicht, dass die Seele nicht bloss Empfindungen, Wahrnehmungen, Vorstellungen aufzunehmen vermöge, die ja schliesslich alle auf Empfindungseindrücke zurückgehen, sondern dass ihr auch ein unmittelbares Bewusstsein solcher körperlicher Processe zukomme, die gar nicht von Empfindungen begleitet sind. Ein ausgezeichneter Schriftsteller über Psychologie sagt: „Von allen unsern eigenen Bewegungen haben wir ein unmittelbares Bewusstsein und bedürfen dazu gar keiner sinnlichen Empfindungen, wir wissen, dass wir den Arm ausstrecken und die Füsse bewegen unmittelbar durch die Bewegung selbst, und Bewusstsein und Bewegung fallen schlechterdings zusammen." *) Diese Ansicht von einem unvermittelten Dasein der körperlichen Vorgänge im Bewusstsein, die hier auf die Muskelbewegungen beschränkt bleibt, ist nicht selten auch auf andere Körperprocesse ausgedehnt worden, es wird dadurch streng genommen das Gemeingefühl aufgehoben und demselben ein Gemeinbewusstsein substituirt. Von anderer Seite wird uns dagegen das Gemeingefühl definirt als das Resultat der Einwirkung aller sensibeln Nerven unseres Körpers auf das Gehirn: indem die Zustände sämmtlicher Nerven sich zur Perception drängen, soll eine in Bezug auf Oertlichkeit und Qualität durchaus unbestimmte Empfindung entstehen, die erst zur bestimmten Empfindung werde, wenn ein einzelner Eindruck über alle andere zum Uebergewicht kommt. Hier werden

*) George, Lehrbuch der Psychologie, Berlin 1854. S. 231. Diese Ansicht von dem unmittelbaren Bewusstwerden der eigenen Bewegung hat zuerst Trendelenburg vertreten und gegen die Annahme eines Bewegungsgefühls der Muskeln einige Gründe vorgebracht, auf die ich später eingehen werde. (Logische Untersuchungen, Berlin 1841, Bd. I. S. 203.)

also alle Sinnesempfindungen als Theile des Gemeingefühls aufgefasst, dieses kommt aber nur zu Stande, wenn jene sämmtlich oder in grosser Menge sich zur Perception drängen*).

So verschieden diese Ansichten in ihrer theoretischen Begründung sind, so kommen sie doch im Resultat wesentlich auf dasselbe hinaus: sie behaupten, dass in unserm Bewusstsein nicht bloss wechselnde Einzelempfindungen vorhanden seien, die durch die Eindrücke auf die einzelnen Sinnesorgane hervorgerufen werden, sondern dass wir ausserdem ein entweder unvermitteltes oder in einem eigenthümlichen Gefühl sich ausdrückendes Totalbewusstsein von dem Zustand unseres Körpers besässen. Es wird daher dieses Bewusstsein, in demselben Sinne wie es früher von physiologischen Schriftstellern geschehen ist, auch geradezu als Lebensgefühl bezeichnet, und es wird so an die Stelle einer Erklärung ein Name gesetzt, der nichts als eine noch fragliche Thatsache ausdrückt, und dessen Bedeutung für die Theorie der Sinneswahrnehmung genau der Bedeutung des Ausdruckes Lebenskraft für die Theorie der Lebensprocesse parallel geht. Derjenige philosophische Denker, welcher selbst die Hypothese von der Lebenskraft auf das siegreichste bekämpft hat, nennt das Gemeingefühl, das er sich im Sinne der zuletzt genannten Ansicht aus einer Unzahl kleiner Empfindungen und Gefühle zusammengesetzt denkt, „jenes Allgemeingefühl oder Lebensgefühl, welches dem Bewussstsein nicht nur die ganze Summe und Elasticität der vorhandenen disponibeln Lebenskraft zur Wahrnehmung bringt, sondern zugleich eine specifische Anschauung der eigenthümlichen graziösen oder ungeschickten, schwungkräftigen oder schwerfälligen Art des ganzen Daseins unterhält, durch welche der Einzelne seine eigene Persönlichkeit vor sich selbst vielleicht mehr, als durch allen andern Inhalt charakterisirt“**); eine Definition, in der jener Parallelismus zwischen dem Gemeingefühl und der Lebenskraft unmittelbar zu Tage tritt.

Dem gegenüber ist es schon seit lange das naturgemässe Bestreben der Physiologen gewesen, das so genannte Gemeingefühl in einen klareren Ausdruck aufzulösen. Joh. Müller,

---

*) Waitz, Lehrbuch der Psychologie, Braunschweig 1849, §. 9 u. 10. Vergl. a. George, die fünf Sinne, Berlin 1846, S. 44 u. f., wo ein solches Empfindungsvermögen nicht auf die Nerven beschränkt, sondern auf alle Körperorgane ausgedehnt und von dem Grad der „Vitalität“ derselben abhängig gedacht wird.

**) Lotze, medicinische Psychologie. Leipzig 1852. S. 281.

der zuerst die Lebenskraft factisch aus der Wissenschaft beseitigte, ist auch der Erste gewesen, der den Versuch machte die frühere Lehre vom Gemeingefühl zu zerstören. Schon seine Forschungen über die Physiologie des Gesichssinnes begann Müller mit dem Satze: „Wenn auch die Veränderungen der thierischen Selbstheit die Ursache der Erregung in einem von ihr selbst Verschiedenen haben, so weiss das Individuum im blossen Zustand des Selbstbewusstwerdens und ohne Ausbildung des Urtheils nichts von diesem äussern Grunde, sondern nur und immer nur von inneren Veränderungen. Die einzige Aeusserlichkeit des thierischen Bewusstseins auf dieser Stufe sind eben nur die Veränderungen als Objecte der subjectiven Empfindung"*). Die Gesichtseindrücke, die Tasteindrücke erzeugen ursprünglich nur Wahrnehmungen der eigenen Netzhaut, Wahrnehmungen des eigenen Tastorgans, und da nach der Kant'schen Lehre, der Müller folgt, der Raum die Form der Anschauung ist, so empfindet das Individuum in den Anfängen der Sinnlichkeit nur „sich selbst räumlich ausgedehnt". Von diesem Standpunkte betrachtet musste die Lehre vom Gemeingefühl beseitigt werden, denn die Annahme einer ursprünglichen Scheidung des Individuums und seiner eigenen Gefühle von der objectiven Welt und den äusseren Eindrücken, die jener Lehre zu Grunde liegt, war damit aufgehoben. So verwarf denn auch Müller die Annahme eines Gemeingefühls, indem er die Empfindungen, die man unter dasselbe geordnet hatte, dem allgemeineren Gefühlssinne beizählte, der nach ihm nicht bloss in der Haut, sondern auch in den Muskeln und in andern innern Organen seinen Sitz hat. Diese letzteren Empfindungen, durch welche wir die innern Zustände unseres Körpers erfahren, sind, sagt Müller, „von derselben Gattung, wie die Gefühle der Haut, welche von aussen erregt werden, in manchen Organen nur unbestimmter, dunkler. Auch ist es für den Sinn gleich, ob er von aussen oder innen gereizt wird, und bei keinem Sinne unterscheiden wir objective und subjective Empfindungen, als etwas wesentlich Verschiedenes"**).

Der berechtigten Kritik des Gemeingefühls hatte hier aber Müller eine Hypothese beigemengt, die sich, weil sie nicht beweisbar war, nicht alsbald in der Wissenschaft Geltung zu verschaffen vermochte, die Hypothese nämlich, dass die dem

*) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes, S. 39.
**) Handbuch der Physiologie, Bd. II. Koblenz 1840, S. 275.

Gemeingefühl zugerechneten Empfindungen von derselben Art seien wie die Gefühlsempfindungen der Haut. Müller machte zwar zu Gunsten dieser Ansicht geltend, dass die höheren Sinnesnerven nach Magendie's Versuchen auf mechanische Reizung, z. B. bei der Durchschneidung, keine Schmerzempfindung veranlassten; er vermuthete deshalb, dass der Schmerz in Folge intensiver Reize bloss für die Gefühlsnerven charakteristisch sei, und er schloss daraus weiter, alle der Schmerzerregung fähigen Nerven müssten als Gefühlsnerven bezeichnet werden. Schon dieser Schluss wäre keineswegs bindend, aber es sind nicht einmal die Prämissen richtig, auf die er sich stützt. Es scheint nach neuern Versuchen richtig zu sein, dass die Retina und der Sehnerv, sowie auch Hör- und Geruchsnerv bei der Durchschneidung keine Schmerzempfindung veranlassen*), aber es ist damit nicht gesagt, dass sie überhaupt nicht Schmerz erregen können; in Bezug auf den Sehnerven ist es keinem Zweifel unterworfen, dass intensive Lichteindrücke auf die Netzhaut neben der blendenden Lichtempfindung Schmerz veranlassen, ebenso verursachen heftige Schalleindrücke, namentlich wenn sie aus stark dissonirenden Tönen bestehen, Schmerz im Gehörorgan. Man hat nun zwar diese Erscheinungen dadurch zu erklären gesucht, dass man annahm, es seien jenen Sinnesnerven und ihrer Ausbreitung echte Gefühlsnervenfasern beigemengt, oder es werde die Reizung während des peripherischen Verlaufs oder auch erst im Gehirn auf Gefühlsnerven übertragen; aber es müssen diese Annahmen als im höchsten Grade hypothetisch betrachtet werden, und mehrere Thatsachen widersprechen denselben. Am augenfälligsten ist endlich die Unhaltbarkeit der Müller'schen Hypothese bei den Muskeln, die von Müller zu den mit Gefühlssinn begabten Organen gerechnet werden, während sie doch auf mechanische Reizung fast unempfindlich sind, dagegen bei starker Ermüdung in Folge oft wiederholter Zusammenziehungen das eigenthümliche Gefühl des Muskelschmerzes besitzen.

Diese Einwürfe, die alsbald sich aufdrängen mussten, bedingten es, dass die Müller'sche Lehre, die Gemeingefühle seien gleichbedeutend mit den Gefühlsempfindungen der Haut, sich bei den Physiologen keinen Eingang verschaffen konnte, sondern dass die Annahme eines getrennten Gemeingefühls

---

*) Vergl. Schiff, Lehrbuch der Physiologie, Bd. I. Lahr 1858—59, S. 146.

bis heute fortbestehen blieb. Diese heutige Lehre vom Gemeingefühl ist aber wesentlich verschieden von dem was frühere Physiologen hierunter zu begreifen pflegten.

E. H. Weber, dem die neuern Physiologen durchweg gefolgt sind, nennt Gemeingefühl „das Bewusstsein von unserm Empfindungszustande, welches alle mit Empfindungsnerven versehenen Theile vermitteln, abgesehen von der specifischen Sinnesempfindung, die uns ausserdem manche von ihnen verschaffen.“ *) Damit lässt Weber die Frage, ob diese Gemeingefühlsempfindungen einerlei Art seien, zunächst unentschieden, er beschäftigt sich nur mit der Aufzählung und Untersuchung der einzelnen Gemeingefühle. Diese sind nach Weber erstens die Schmerzempfindungen der Haut und der andern Tastorgane, zweitens das eigenthümliche Gefühl des Schauders und Kitzels in der Haut, drittens unbestimmtere Gemeingefühle in innern Organen, wie im Nervensystem, in den Schleimhäuten, und viertens werden hiezu die Empfindungen der Muskeln bei ihrer Zusammenziehung gerechnet.

Wir sehen somit, dass die Definition des Gemeingefühls, die uns die Psychologen geben, von dem was die heutige Physiologie darunter versteht meistens weit verschieden ist. Bei den Psychologen sehen wir das Bestreben vorwalten, das Gemeingefühl zu einem einheitlichen Lebensgefühl zu stempeln, während die Physiologie eigentlich nur noch von Gemeingefühlen reden kann, da für sie allein jedes einzelne Gemeingefühl, nicht die ganze Summe derselben als solche einen Werth hat; sie fasst die hieher gehörigen Empfindungen nur deshalb unter einem Namen zusammen, weil sie entweder voraussetzt, dieselben seien einerlei Art, oder weil sie glaubt, dieselben seien als subjective Empfindungen (Gefühle) von den objectiven Sinnesempfindungen strenge zu scheiden.

Fassen wir zuerst das Gemeingefühl der Psychologen ins Auge. Hier wird das Gemeingefühl als Lebensgefühl, als die Summe aller der Empfindungen bezeichnet, die zu jeder Zeit von allen empfindenden Theilen unseres Körpers dem Sensorium zuströmen. Wir können in dieser Definition nicht den Ausdruck einer Thatsache, sondern nur einer Reflexion des Beobachters sehen. Durch lange Beobachtung sind uns eine grosse Menge empfindender Theile unseres Körpers bekannt geworden, anderseits wissen wir, dass in jedem Augenblick

*) Tastsinn und Gemeingefühl, im Handwörterb. der Physiol., Bd. III, 2, S. 562 u. f.

auf viele Theile gleichzeitig Empfindungseindrücke einwirken, und doch lehrt uns die Erfahrung, dass nicht alle diese Empfindungseindrücke scharf aufgefasste Empfindungen in Bezug auf Ort und Art der Einwirkung veranlassen, es lehren im Gegentheil die Beobachtungen der Astronomen über die möglichst gleichzeitige Auffassung von Schall- und Lichteindrücken, dass in einer bestimmten Zeiteinheit nur ein Sinneseindruck vom Bewusstsein aufgefasst werden kann. Indem uns also die Beobachtung in jedem Augenblick nur einen scharf geschiedenen Empfindungseindruck im Bewusstsein aufzeigt, während doch die Reflexion uns sagt, dass gleichzeitig eine grosse Menge von Empfindungseindrücken stattfanden, sind wir geneigt den Schluss zu machen, dass auch diese letzteren Eindrücke zu bewussten Empfindungen Veranlassung gaben, die aber wegen ihrer geringen Stärke oder wegen unserer geringeren Aufmerksamkeit auf sie nur weniger klar ins Bewusstsein getreten seien. Sobald wir genauer untersuchen, tritt die Unrichtigkeit dieser Voraussetzung zu Tage, und wir bemerken, dass wir nur einen gleichzeitigen Sinneseindruck aufzufassen vermögen.

Jene Definition des Gemeingefühls als verworrene Masse aller gleichzeitigen Perceptionen des Bewusstseins hängt mit einem Grundsatz der Herbart'schen Psychologie zusammen, auf welchen das ganze mathematische Gebäude dieser Psychologie gestützt ist, mit dem Grundsatze nämlich, dass die im Bewusstsein vorhandene Summe des Vorstellens immer gleich gross bleibe*). Eine Folgerung hieraus ist, dass, wenn alle gleichzeitig im Bewusstsein vorhandenen Vorstellungen sich annähernd mit gleicher Stärke hemmen, nur eine verworrene Gesammtauffassung entstehen kann. Aber der ganze Ausgangspunkt dieser Betrachtungen unterliegt grossem Zweifel. Es wird eingestanden, dass im traumlosen Schlaf und in ohnmachtähnlichen Zuständen jener Grundsatz seine Gültigkeit verliere, es wird also zugegeben, dass es nicht bloss scheinbar, sondern wirklich bewusstlose Zustände giebt, ohne dass deshalb das Bewusstsein für immer erloschen wäre. Wenn aber unter Umständen die Summe des Vorstellens auf Null herabsinken kann, warum sollte sie dann nicht auch zuweilen einen bestimmten Werth zwischen Null und ihrer gewöhnlichen constanten Grösse annehmen? Und ist es wohl denkbar, dass

---

*) Herbart, Psychologie als Wissenschaft, sämmtl. Werke, Bd. V, S. 323; Drobisch, mathematische Psychologie, S. 19.

das Vorstellen, wenn es in solchen Fällen beginnt oder aufhört, in einer unmessbaren Zeit zwischen Null und dieser constanten Grösse wechselt? — Es ist ferner eine mathematische Folgerung aus jenem Grundsatze, dass die Zahl der gleichzeitig im Bewusstsein vorhandenen Vorstellungen nie unter zwei sinken könne, wie viel wohl auch die eine von zwei Vorstellungen die andere an Intensität übertreffen möchte, sie würde dieselbe niemals ganz aus dem Bewusstsein verdrängen können*). Dieses Resultat der Rechnung steht in geradem Widerspruch mit dem oben erwähnten Experiment der Astronomen. Man kann zwar hiergegen einwenden, es hindere nichts den Intensitätsunterschied der beiden Vorstellungen sehr gross zu nehmen (obgleich man ihn nicht unendlich nehmen darf, weil sonst die eine Vorstellungsintensität selbst unendlich würde, was unmöglich ist), so gross, dass die schwächere Vorstellung in Wirklichkeit gar nicht mehr zur Perception gelangt. Wenn aber eine Vorstellung nicht zur Perception gelangt, so ist sie auch nicht in unserm Bewusstsein, denn bewusst nennen wir eben nur das was wir percipiren; es würde also immerhin die schwächere Vorstellung noch in irgend einem Grade zur Auffassung gelangen müssen. Sagt man aber, dieser Grad sei eben so schwach, dass er gegen die intensivere Vorstellung verschwinde, so macht man damit die ganze Bedeutung der Rechnung zu Nichte, welche ausdrücklich ergiebt, dass die Intensität der schwächeren Vorstellung sehr klein, nicht aber verschwindend klein werden kann.

Da nun vom Standpunkt der Erfahrungswissenschaften aus jenes Axiom der mathematischen Psychologie nur als Hypothese einen Werth hätte, wenn die aus ihm gezogenen Folgerungen mit allen Erfahrungen im Einklang ständen, so werden wir dasselbe Angesichts eines derartigen Widerspruchs mit der Erfahrung unter allen Umständen verwerfen müssen. Wir werden also zu der Annahme gedrängt, dass die Summe des Vorstellens. veränderlich ist, und diese Annahme ergiebt sich unmittelbar als Folgerung aus der Erfahrungsthatsache, dass wir nie mehr als eine Vorstellung gleichzeitig im Bewusstsein vorfinden.

Es lassen sich für diese Thatsache ausser dem mehrfach erwähnten Experiment noch andere Beobachtungen anführen. Diejenigen Sinnesorgane, durch welche wir am leichtesten

---

*) S. Drobisch, a. a. O., S. 64.

zwei verschiedene Sinneseindrücke auf das Bewusstsein können einwirken lassen, um den Erfolg ihrer gleichzeitigen Einwirkung zu beobachten, sind die beiden Augen. In den beiden vorigen Abhandlungen sind ausführlich derartige Versuche erörtert worden. Es hat sich dabei gezeigt, dass je nach den Bedingungen der Erfolg ein verschiedener sein kann. Sind die in beiden Augen entworfenen Netzhautbilder so gelagert, dass sie den zwei perspektivischen Projektionen eines und desselben räumlich ausgedehnten Objektes entsprechen, so werden die beiden Sinneseindrücke auch im Bewusstsein vereinigt: es entsteht die einheitliche Vorstellung eines räumlich ausgedehnten Gegenstandes. Sind dagegen die beiden Netzhautbilder so beschaffen, dass sie von ganz verschiedenen Objekten herrühren müssen, so kann der Erfolg ein dreifacher sein: entweder verdrängt der eine Sinneseindruck den andern vollständig, so dass wieder bloss *eine* Vorstellung in's Bewusstsein kommt, wo diese Verdrängung bald eine dauernde ist bald eine wechselnde (Wettstreit der Wahrnehmungen), oder es modificirt der eine Sinneseindruck den Erfolg des andern, indem er sich mit demselben wieder zu einer einzigen Vorstellung vereinigt, oder endlich die beiden Sinneseindrücke bleiben in der Vorstellung neben einander bestehen, weil sie nicht räumlich vereinigt werden können, aber auch hier treten die beiden Gesichtswahrnehmungen zu einem einheitlichen Bilde zusammen, das für die Vorstellung vollkommen durch ein monokulares Bild ersetzt werden kann; alle binokularen Gesichtsempfindungen führen somit entweder zu den eigenthümlichen binokularen Gesichtsvorstellungen oder zu Vorstellungen, die den monokularen Gesichtsvorstellungen identisch sind. In diesen wie in allen anderen Fällen, wo gleichzeitig auf verschiedene Sinnesorgane Eindrücke stattfinden, lässt sich häufig nachweisen, dass die gleichzeitige Auffassung nur dadurch zu Stande kommt, dass wir die getrennten Eindrücke zu *einer* Vorstellung vereinigen. Wo die Eindrücke aber der Art sind, dass eine solche Vereinigung unmöglich ist, da ist es immer zweifelhaft, ob nicht der Schein der Gleichzeitigkeit durch eine sehr schnelle Succession des Vorstellens entstehen kann, und eine aufmerksame Selbstbeobachtung scheint hiefür zu sprechen. Wenn wir z. B. mit dem Auge einen Gegenstand betrachten und von einem ganz differenten Objekt gleichzeitig einen Tasteindruck empfangen, so gelingt es uns niemals den einen und den andern Eindruck gleichzeitig mit gleichmässiger Schärfe wahrzunehmen, wir ertappen uns immer darauf, dass wir entweder nur sehen, oder nur tasten. Wir

erhalten dabei allerdings die bestimmte Vorstellung des gleichzeitigen Stattfindens beider Eindrücke, aber diese kann leicht aus der Beobachtung entspringen, dass, wenn wir auch mit unserer Aufmerksamkeit zwischen beiden Eindrücken wechseln, immer unsere Empfindungen unverändert geblieben sind: es ist eben die Vorstellung gleichzeitiger Eindrücke nicht gleichbedeutend mit dem gleichzeitigen Vorstellen von Eindrücken.

Es ist damit keineswegs gesagt, dass wir nicht überhaupt gleichzeitig eine Summe von Eindrücken ins Bewusstsein zu erheben vermögen, aber ob dies geschieht hängt lediglich davon ab, ob wir die Eindrücke zu einer einzigen Vorstellung vereinigen oder nicht. Die meisten Gesichtsvorstellungen z. B. bestehen aus einer grossen Summe von Einzelempfindungen, aber wir fassen diese nur dann gleichzeitig auf, wenn wir sie zu einem Ganzen vereinigen können. Wenn wir einen zusammengesetzten Gegenstand betrachten, so können wir unsere Aufmerksamkeit entweder auf einen einzelnen Theil des Gegenstandes richten oder auf das Ganze; im ersteren Fall verschwindet das Ganze völlig aus unserer Vorstellung, im zweiten Fall stellen wir uns mit dem Ganzen auch das Einzelne vor, aber dieses Einzelne nicht neben sondern in dem Ganzen.

Es lässt sich endlich noch ein tiefer gelegener psychologischer Grund für die Unmöglichkeit des gleichzeitigen Bewusstwerdens getrennter Eindrücke aufführen. Unser gesammtes Seelenleben stellt sich dar als die continuirliche Aneinanderreihung logischer Processe. Durch diese bauen wir aus den Empfindungen Wahrnehmungen auf und schreiten von den Wahrnehmungen zu Vorstellungen: die Folge dieses continuirlichen Verlaufs der logischen Processe unserer Seele ist die Zeitreihe, unter deren Form wir alles psychische Geschehen auffassen. Schon Kant hat die Zeit mit einer mathematischen Linie verglichen. Dieser Vergleich sagt nichts anderes, als dass wir nicht verschiedene Zeitreihen gleichzeitig anschauen können, dass wir nicht logische Processe verschiedener Art gleichzeitig vollziehen können. Auch das räumliche Nebeneinander, welches wir in der äusseren Anschauung gewinnen, erhalten wir nur durch eine Succession des Vorstellens, die, nachdem sie das Einzelne für sich aufgefasst hat, dasselbe in ein Ganzes verbindet.

Es scheinen mir diese Gründe, und namentlich der zuletzt aufgeführte, so triftig zu sein, dass die entgegenstehende Meinung, welche eine Gleichzeitigkeit des Bewusstseins differenter Vorstellungen behauptet, nur eine geringe Wahrscheinlichkeit für sich hat. Dabei muss aber leider zugestanden werden,

dass auf experimentellem Wege die Einheit des Vorstellungsverlaufes nur für Vorstellungen von grosser Intensität bewiesen ist und sich auch nur für solche streng beweisen lässt, da diejenigen Beobachtungen im Gebiet der Sinneswahrnehmungen, die für die Statthaftigkeit des gleichen Princips bei schwächeren Sinneseindrücken von annähernd gleicher Intensität sprechen, sich immerhin nicht als vollkommen bindende Beweismittel betrachten lassen. Aber auch hier lässt sich wenigstens keine einzige Erfahrung geltend machen, die für das gleichzeitige Bewusstwerden differenter, d. h. nicht in einer Vorstellung vereinbarer, Eindrücke in die Schranken träte.

Es muss sonach die ganze Anschauung, aus welcher die psychologische Definition des Gemeingefühls entsprungen ist, als eine durch die Beobachtung nicht zu begründende betrachtet werden, und wenn, wie dies nach der Uebereinstimmung aller Erfahrungen als sehr wahrscheinlich erscheint, nicht gleichzeitig eine grosse Summe von Sensationen ins Bewusstsein gelangen kann, so ist jenes Gemeingefühl der Psychologen als Ausdruck einer Reflexion zu betrachten, wo das Resultat dieser Reflexion für die Thatsache selber gesetzt wird. Fortwährend wirken eine grosse Menge von Eindrücken auf die verschiedensten empfindenden Stellen unseres Körpers, Eindrücke, die theils von äusseren Objekten herrühren, theils in den Zuständen unserer Organe selber begründet sind. Wenn von den hierdurch veranlassten Sensationen nicht etwa eine einzelne eine solche Intensität erreicht, dass unsere Aufmerksamkeit dauernd durch sie gefesselt wird, so pflegt unser Bewusstsein mit der Auffassung der Einzeleindrücke vielfältig zu wechseln, und wir erhalten durch diesen Wechsel die Vorstellung, dass viele Eindrücke gleichzeitig auf uns stattfinden. Wir können jeden einzelnen derselben wenn es uns beliebt ins Bewusstsein erheben, niemals aber alle oder auch nur mehrere gleichzeitig. Wenn wir dies auch versuchen, so lehrt uns eine sorgfältigere Beobachtung, dass uns immer nur ein sehr rascher Wechsel zwischen den Einzeleindrücken gelingt. Wenn wir also die Summe gleichzeitiger Sensationen, die in jedem Augenblick durch die vorhandenen Empfindungseindrücke gegeben ist, als Gemeingefühl bezeichnen, so begehen wir den Fehler, dass wir das Stattfinden der Eindrücke mit dem Bewusstwerden der Eindrücke verwechseln.

Es ist somit das Gemeingefühl ähnlich wie alle Sinneswahrnehmungen das Resultat eines Schlusses, aber nicht eines richtigen, sondern eines Fehlschlusses. In der Wirklichkeit begehen wir diesen Fehlschluss fortwährend, wir glauben ohne

nähere Untersuchung aus den oben angeführten Gründen immer, dass wir gleichzeitig eine grosse Zahl von Eindrücken empfinden. Deshalb ist die Aufstellung eines Gemeingefühls in dem hier angenommenen Sinne eine berechtigte, denn das Gemeingefühl ist nicht blos ein Fehlschluss, den die Psychologen machen, sondern ein Fehlschluss, der in dem Ablauf unserer Empfindungen nothwendig begründet ist, und den daher jeder Mensch macht, so lange ihn nicht die exakte Beobachtung von dessen Unstatthaftigkeit überzeugt hat. Aber auch nachdem wir wissen, dass der Schluss ein Fehlschluss ist, können wir nicht umhin, ihn in Wirklichkeit immer wieder zu vollziehen: wir haben das Bewusstsein, dass fortwährend eine Menge gleichzeitiger Eindrücke auf uns stattfinden, und wir glauben diese Eindrücke unmittelbar als gleichzeitige aufzufassen. Die Gesammtheit dieser mehr oder weniger intensiven Sensationen unserer empfindenden Organe begründet unser Allgemeinbefinden, und es kann deshalb das Produkt dieser Summe von Sensationen nicht unpassend als Gemeingefühl bezeichnet werden. Wir müssen uns dabei nur hüten, den Irrthum unserer Vorstellung, als dessen Ausdruck das Gemeingefühl zu betrachten ist, in die wissenschaftliche Zergliederung desselben zu übertragen. Wir können sonach von diesem Standpunkte aus das Gemeingefühl definiren als einen psychischen Process, bei dem wir aus der öfteren successiven Perception einer Summe von Einzeleindrücken auf die Gleichzeitigkeit dieser Eindrücke schliessen, aus welcher Gleichzeitigkeit dann ein Allgemeinbefinden hervorgeht, das sich als unmittelbares Produkt der ganzen Summe von Einzelempfindungen darstellt. Von den verschiedenen Einzelempfindungen hat aber nicht jede den gleichen Werth für das Gemeingefühl, es hängt dieser Werth nicht blos ab von der Intensität der Empfindung, sondern auch von der Qualität derselben und von dem die Qualität bedingenden Ort des Empfindungseindrucks.

Bei denjenigen Empfindungen der äusseren Sinne, welche zu objectiven Vorstellungen führen, ist der Werth der Empfindungen für das Gemeingefühl, wenn dieselben ihre gewöhnliche Stärke nicht überschreiten, von verschwindender Grösse: die ganze Empfindung geht hier in der objektiven Wahrnehmung auf, und erst wenn die Empfindung eine sehr bedeutende Grenze der Intensität überschreitet, tritt zugleich der eigene Zustand des Sinnesorgans in die Wahrnehmung ein oder verdrängt sogar den äusseren Gegenstand ganz aus derselben. Einen grösseren Werth für das Gemeingefühl haben naturgemäss alle die Empfindungen, welche nicht auf äussere

Gegenstände bezogen werden können, sondern unmittelbar auf den Zustand des empfindenden Organs zurückgeführt werden müssen. Hierher gehören die Empfindungen in den willkürlichen Muskeln und in inneren Organen, wie in den Eingeweiden der Rumpfhöhle und des Schädels. Auch unter diesen Empfindungrn sind die letztgenannten wieder von überwiegender Bedeutung für das Gemeingefühl. Da wir fast fortwährend verschiedene Muskelgruppen in Bewegung setzen, so haben wir auch fast fortwährend Muskelempfindungen. Diese Muskelempfindungen können zwar nur auf den Zustand der Bewegungsorgane, auf den Grad der Muskelverkürzung bezogen werden, aber der letztere steht schon in unmittelbarer Beziehung zur objektiven Wahrnehmung: in der Wahrnehmung des Grades der Muskelverkürzung allein liegt bereits eine räumliche Anschauung, und überdies treten die Muskelempfindungen bei den meisten objectiven Wahrnehmungen der äusseren Sinne als unterstützendes Moment hinzu. Ganz anders verhält es sich mit jenen Empfindungen, die zuweilen in verschiedenen Theilen des Eingeweidesystems oder des centralen Nervensystems oder in den diese Organe umhüllenden serösen und bindegewebigen Häuten auftreten. Empfindungen in diesen Theilen sind schon im gewöhnlichen Zustand gar nicht oder doch nicht in merklicher Weise vorhanden, ihr blosses Vorhandensein drängt sich daher schon der Aufmerksamkeit mehr auf und verändert das Allgemeinbefinden, auch ohne dass jene Empfindungen schmerzhafter Art sind. Ferner stehen diese Empfindungen zu den objektiven Wahrnehmungsprocessen in gar keiner Beziehung, sie werden zwar lokalisirt, aber eben doch nur lokalisirt, um sie auf den Zustand eines bestimmten Organs unsers Körpers zu beziehen, nicht auf eine Veränderung, welche die Objekte im Vergleich zu uns oder wir im Vergleich zu den Objekten erfahren haben, wie ersteres bei den objektiven Wahrnehmungen, letzteres bei der subjektiven Wahrnehmung unserer Muskelbewegung der Fall ist.

Die Bedeutung, in welcher die Physiologie jetzt gewöhnlich den Ausdruck Gemeingefühl braucht, weicht von der Definition, zu welcher wir oben gelangt sind, beträchtlich ab. Aber es ist auch dieser Ausdruck in der neueren Physiologie offenbar nur dem Herkommen zu Liebe noch stehen geblieben, da, sobald man einmal das Gemeingefühl in seine einzelnen Bestandtheile zersetzt und blos diese ins Auge fasst, es eigentlich ebenso unstatthaft ist, von einem einheitlichen Gemeingefühl zu reden, als wenn man alle objektiven Sinne, Gesicht, Gehör, Geschmack u. s. w., als einen Sinn zusammenfassen wollte.

In einer solchen Bedeutung ist nun in der That auch der Ausdruck Gemeingefühl bei den Physiologen gar nicht mehr gebraucht worden, sondern man hat denselben nur als Generaltitel für alle die Sinneseindrücke beibehalten, die nicht auf äussere Objekte bezogen werden. Sollte jedoch, wie hierbei stillschweigend angenommen ist, dem Gemeingefühl kein wirklicher bestimmter Vorgang entsprechen, so würde es, wie mir scheint, zweckmässiger sein einen Ausdruck, der nur zu falschen Vorstellungen Veranlassung geben kann, ganz aus der Wissenschaft zu verbannen. Hierzu kommt, dass die Beziehung der Empfindungen auf auf ein äusseres Objekt oder auf Zustände des eigenen Körpers, erst etwas Sekundäres ist, was gar nicht in der Empfindung an sich liegt, sondern erst dem Wahrnehmungsprocesse anheimfällt. Ja ob unsere Sinneseindrücke nach Aussen projicirt oder in den eigenen Körper verlegt werden, ist eine Sache, welche nicht einmal in der Art des Wahrnehmungsprocesses einen wesentlichen Unterschied bedingt, sondern welche erst als Resultat desselben zu Tage tritt. Es ist aber offenbar fehlerhaft, in die reine Empfindung schon eine Unterscheidung zu legen, die erst durch die Reflexion von derselben entsteht.

Es würde also von diesem Standpunkte aus angemessen erscheinen, von einem Gemeingefühl überhaupt nicht mehr zu reden, sondern den geläufigen Klassen von Sinnesempfindungen diejenigen Empfindungen, die man bis jetzt als Formen des Gemeingefühls aufgezählt hat, als neue hinzuzufügen; es könnten dann diese den objektiven Sinnesempfindungen gegenüber als subjektive Empfindungen oder Gefühle bezeichnet werden, wobei man nur vor dem Missverständniss sich zu hüten hätte, als wenn dieser Unterschied von subjektiv und objektiv etwas Ursprüngliches bedeuten sollte. Aber, wenn wir die von E. H. Weber aufgestellten Formen des Gemeingefühls ins Auge fassen, so finden wir hier einer vollständigen und scharfen Klassification keineswegs Genüge geleistet; wir würden nicht im Stande sein, die von ihm angenommenen Gefühle den Klassen der objektiven Sinnesempfindungen an die Seite zu stellen. Ausser den unbestimmteren Gefühlen in inneren Organen und dem Muskelgefühl wird das Schmerzgefühl in den Organen der objektiven Sinne, in der Haut überdies das eigenthümliche Gefühl des Schauders und Kitzels zum Gemeingefühl gerechnet. Die Mangelhaftigkeit dieser Klassifikation erhellt auf den ersten Blick. Es soll hieraus derselben nicht ein Vorwurf gemacht werden, sondern diese Mangelhaftigkeit folgt eben nothwendig aus der Schwierigkeit

des Gegenstandes. Heben wir nur einige Beispiele heraus. Unter den Gemeingefühlen in inneren Organen wird der Hunger genannt: ist der Hunger ein Gefühl, das den specifischen Sinnesempfindungen entspricht, oder ist er die Form, unter welcher das Schmerzgefühl in den sensibeln Nerven des Magens auftritt, oder ist er endlich ein Muskelgefühl? Es würde, wie ich glaube, voreilig sein, wenn man, ehe entscheidendere Untersuchungen als bis jetzt vorliegen, diese Fragen mit Bestimmtheit beantworten wollte; nur so viel lässt sich wohl sagen, dass der Hunger blos in seinen intensivsten Graden zum Schmerzgefühl wird, aber es bleibt dann immer noch die Alternative, ob er als Empfindung in den sensibeln Magennerven oder als Muskelempfindung oder vielleicht auch als Mischung beider Empfindungen zu betrachten sei. Sollte sich aber z. B. herausstellen, dass der Hunger ein Muskelgefühl ist, so würde er nicht mehr als besondere Form des Gemeingefühls aufgeführt werden können. Die Gefühle von Schauder und Kitzel, kommen sie durch unmittelbare leise Erregungen der Tastnerven zu Stande, oder wirken dabei Empfindungen in den kleinen unwillkürlichen Hautmuskeln mit, die reflektorisch in Zusammenziehung versetzt werden? Vielleicht am schwierigsten ist endlich zu entscheiden, wie das Gefühl des Athembedürfnisses zu Stande kommt, das ebenfalls unter die Gemeingefühle gerechnet werden muss. Es scheint, dass dieses Gefühl wieder aus einer Summe von Einzelempfindungen zusammengesetzt ist, die aber auf ähnliche Weise sich zu einer einheitlichen Wahrnehmung vereinigen, wie wir eine Summe zusammengehöriger Gesichts- oder Gehörseindrücke zu einer Wahrnehmung zusammenfassen.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass von den gangbaren Gemeingefühlen einige in dieser Weise komplizirte Phänomene sind, die sich noch nicht genauer zergliedern lassen, und dass andere, die wir bis jetzt noch trennen, vielleicht ihrem Ursprung nach gleicher Art sind. So viel lässt sich nur mit Bestimmtheit voraussagen, dass, sobald die Zergliederung der einzelnen Gemeingefühle vollendet sein wird, dieselben in eine Reihe specifischer Organempfindungen zerfallen werden, und erst nachdem dies geschehen ist, wird unsere Kenntniss der Gemeingefühle gleichen Schritt halten mit der Kenntniss der objektiven Sinnesempfindungen, während unser jetziges Wissen von den meisten derselben sich noch auf einer Stufe befindet, auf der uns von ihnen ungefähr so viel bekannt ist, wie vielleicht dem Neugeborenen von seinen Gesichts- oder Gehörsempfindungen, d. h. wir sind uns unserer

Gemeingefühle bewusst, wir wissen aber nur sehr unbestimmt, in welchen Körpertheilen sie stattfinden, und wir kennen endlich gar nicht die Organe und Elementartheile, in welchen sie ihren Sitz haben. Das Einzige was wir jetzt schon mit Wahrscheinlichkeit angeben können ist, dass e i n e Form jener Organempfindungen weit verbreitet vorkommt und sich an einer grossen Menge von Gefühlen betheiligt oder dieselben auch ganz ausmacht: dies sind die Muskelempfindungen, die nicht blos bei den Bewegungen der willkürlichen Muskeln vorhanden sind, sondern auch die Zusammenziehung der unwillkürlichen Muskeln der Eingeweide begleiten, bei welchen letzteren sie zuweilen aber erst wenn die Contraktion von besonderer Energie ist merklich werden. Ausser diesen weit verbreiteten Muskelempfindungen betheiligen sich bei der Entstehung der Gefühle noch Empfindungen, die in den nicht muskulösen innern Organen ihren Sitz haben, und die in jedem Organ von besonderer Eigenthümlichkeit sind: dies sind die specifischen Organempfindungen im engeren Sinne. Man kann nun sagen: alle Gefühle sind entweder blos Muskelempfindungen oder blos specifische Organempfindungen, oder sie sind aus beiden gemischt. Die Untersuchung hat bei jedem einzelnen Gefühl nachzuweisen, welcher von diesen drei Fällen stattfindet, und, nachdem dies geschehen ist, den Ort und die Ausbreitung der betreffenden Empfindungen festzustellen.

Damit würden also alle Gefühle, die man als Formen des Gemeingefühls betrachtet hat, auf besondere Empfindungen zurückgeführt sein. Unter diesen wäre e i n e Klasse, die Muskelempfindungen, entschieden als eigenthümliche Sinnesempfindungen zu betrachten, bei den specifischen Organempfindungen aber würde zu untersuchen sein, ob es so viele verschiedene Arten derselben giebt, als es einzelne sensible Organe giebt, oder ob die Empfindungen getrennter Organe zuweilen gleicher Art sind. Wir sind leider mit der Beobachtung dieser Organempfindungen zum grossen Theil auf pathologische Beobachtungen beschränkt, und wir haben es hier meistens mit Schmerzgefühlen von verschiedenem Sitze zu thun. Es ist nun ausgemacht, dass der Schmerz, wo er auch auftreten möge, eine gewisse Uebereinstimmung zeigt. Das Wesentliche des Schmerzes ist identisch, mag derselbe in einem der objektiven Sinnesorgane, wie in der Haut, oder in den sensibeln Nerven des Hirns, oder in einem beliebigen Theil der Rumpfeingeweide seinen Sitz haben. Wie der Schmerz, von welcher Ursache er auch herrühren mag — von mechanischem, chemischem Reiz, Wärme oder Kälte u. s. w. —

immer gleicher Natur ist, so zeigt er in seinem wesentlichen Charakter keine Verschiedenheit, welche empfindende Nerven des Körpers der schmerzerregende Reiz auch treffen mag. Aber es kann deshalb nicht behauptet werden, dass den Schmerzen je nach ihrer Lokalität alle Verschiedenheit mangelt. Diejenige Verschiedenheit, die auf eine bestimmte Differenz des objektiven Eindrucks hinweist, ist, wenn dieser Eindruck eine solche Intensität erreicht, dass er zum Schmerz reizt, nahezu oder völlig aufgehoben, Schall, Licht- und Tastempfindung verschwinden beim höchsten Grad des Schmerzes ganz und werden bei geringerer Stärke desselben wenigstens übertäubt. Aber selbst wenn der Schmerz einen solchen Grad erreicht, dass die specifische Sinnesempfindung ganz aufhört, wie dies z. B. am Tastorgane leicht herzustellen ist, haftet demselben etwas Eigenthümliches an, was nach dem schmerzenden Orte verschieden ist und was auch den Schmerz noch möglich macht zu lokalisiren. Diese lokale Färbung des Schmerzes erreicht bei weitem nicht die Feinheit der Abstufung, die wir in der lokalen Färbung der Sinnesempfindungen von normaler Stärke vorfinden; es hängt damit zusammen, dass wir den Schmerz, auch wenn er Auge und Tastorgan trifft, immer nur unvollkommner und unbestimmter zu localisiren vermögen. Bei dem Schmerz innerer Organe wird diese Unbestimmtheit der Lokalisation noch dadurch mitbedingt, dass wir von der Lage derselben überhaupt nur eine äusserst unvollständige Kenntniss zu erlangen vermögen, weil sie eben der Beobachtung unserer objectiven Sinne nicht unmittelbar zugänglich sind. Ihre Lage und überhaupt ihr Vorhandensein wird immer erst merkbar, wenn Empfindungen in ihnen entstehen, und diese werden, wie es scheint, durch den Tastsinn lokalisirt, indem ein Druck auf die Haut an der Stelle, die dem schmerzenden Organe entspricht, den Schmerz in fühlbarer Weise zu verändern pflegt.

Es frägt sich nun aber weiter: sind die der Schmerzempfindung entschieden fähigen Theile, welche nicht objective Sinnesorgane oder Muskeln sind, blos der Schmerzempfindung fähig, oder können von ihnen aus Empfindungen angeregt werden, die als specifische Organempfindungen bezeichnet werden müssten, ohne für Schmerz gelten zu können, also Organempfindungen, die den specifischen Sinnes- und Muskelempfindungen von mässiger Stärke entsprächen? Man pflegt bei allen jenen Organen, also z. B. bei den serösen Häuten, den innern Schleimhäuten, den Drüsen, Knochen, dem Gehirn und Rückenmark und deren Hüllen, immer nur von der Fähigkeit

der Schmerzempfindung zu reden, ohne sich zu fragen, ob nicht wenigstens in einzelnen dieser Theile auch Empfindungen vorkommen, die nicht Schmerzempfindungen genannt werden können. Es scheint mir, dass eine aufmerksame Beobachtung hieran gar keinen Zweifel lässt, und der Grund, warum jene mässigeren Empfindungen in den genannten Organen unerwähnt geblieben sind, ist wohl nur der, dass wir keinen Grund haben im Leben denselben unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden, wenn sie diese nicht durch ihre Steigerung zum Schmerze unwillkürlich fesseln.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass derartige Organempfin dungen weit seltener sind als die eigentlichen Sinnesempfindungen, viele derselben entwickeln sich entschieden erst unter krankhaften Bedingungen, andere treten wenigstens nur in längeren Zeitzwischenräumen auf. Es lässt sich dieses Verhältniss verstehen, wenn man annimmt, dass es im Allgemeinen beträchtlich intensiver Reize bedarf, um jene Organempfindungen hervorzurufen; hieraus wird auch erklärlich, dass dieselben in der That sehr bald in Schmerzgefühle übergehen. Dass dieselben übrigens nicht unter allen Umständen Schmerzgefühle sind, lässt sich namentlich beweisen, wenn man das Entstehen und Verschwinden des Schmerzes beobachtet. Man bemerkt hierbei, dass sehr selten, streng genommen vielleicht niemals, der Schmerz urplötzlich entsteht und ebenso plötzlich wieder verschwindet, man kann fast immer sehr deutlich eine Zeit des wachsenden und des abnehmenden Schmerzes unterscheiden, und im Beginn der ersteren, am Ende der letzteren Zeit liegt eine Periode, wo eine bestimmte, eigenthümlich gefärbte Empfindung in dem betreffenden Organ vorhanden ist, ohne dass man diese Empfindung Schmerz zu nennen vermöchte. Ist man einmal auf diese Vorläufer und Nachfolger des Schmerzes aufmerksam geworden, so kann man dieselben auch deutlich dann wahrnehmen, wenn sie nicht mit vorausgegangenen oder nachfolgenden Schmerzen in Verbindung stehen. Es gehören hierher eine Menge von Empfindungen in verschiedenen Organen, die man zum Theil mit eigenem Namen bezeichnet hat, die aber wissenschaftlich noch nicht zergliedert sind, wie das Gefühl des Eingenommenseins im Kopfe, verschiedene unbestimmte Gefühle in den Rumpfeingeweiden etc. Diese Gefühle machen auch beim ungestörtesten Lebensverlauf sich geltend, aber sie werden nicht beachtet, nur der Hypochondrische, der die Zustände seines eigenen Leibes mit Sorgfalt studirt, wendet diesen schwachen Empfindungen seine Aufmerksamkeit zu, um sich daraus seine furchtbaren Phantasieen

zu bilden, von denen der Arzt oft mit Unrecht voraussetzt, dass sie keinen Grund haben: krankhaft ist beim Hypochondrischen nur, dass er alle die Organempfindungen, die auch der Gesunde hat, ohne aber auf sie zu achten, in seinem Bewusstsein verarbeitet und schliesslich alle seine Aufmerksamkeit auf dieselben concentrirt.

Wir werden sonach die Frage, von welcher wir ausgingen, dahin zu beantworten haben, dass der Schmerz, wie er in den eigentlichen Sinnesorganen nur als die höchste Steigerung der Empfindung sich darstellt, so auch in allen übrigen empfindenden Organen nichts Anderes ist als die intensivste Empfindung, die auf die stärksten Reize erfolgt, dass dagegen alle Organe, die überhaupt der Schmerzempfindung fähig sind, auch Empfindungen zu vermitteln vermögen, die nicht als Schmerz bezeichnet werden können, sondern die für jedes Organ dasselbe darstellen, was für das Sinnesorgan die specifische Sinnesempfindung ist. Hierin liegt eigentlich schon ausgesprochen, dass diese specifischen Organempfindungen in verschiedenen Organen verschiedener Art sein werden. In der That spricht hierfür schon die oben erwähnte lokale Färbung des Schmerzes, der bei minder starken Reizen eine noch ausgeprägtere lokale Färbung der Empfindung entspricht, d. h. eben eine Empfindung, die in verschiedenen Organen verschieden ist. Dagegen lehrt die Beobachtung allerdings, dass Organe von übereinstimmender Struktur in der Qualität ihrer Empfindungen und in der Eigenthümlichkeit des Schmerzes übereinstimmen. So ist z. B. der Schmerz der serösen Häute überall ähnlicher Art, obgleich auch hier, vielleicht durch das Mitergriffensein benachbarter Gewebe, noch örtliche Verschiedenheiten existiren, durch die sich der Schmerz des Peritoneums von dem der Pleura oder von dem einer Synovialhaut sogleich unterscheidet. Diese letzteren örtlichen Verschiedenheiten sind aber weit geringeren Grades, sie lassen sich nicht entfernt vergleichen mit den Verschiedenheiten des Schmerzes von Organen differenten Baues, also z. B. einer Serosa und eines Knochens. Jene ersteren Differenzen, die zwischen getrennten Organen von übereinstimmender Struktur sich finden, lassen sich vergleichen den kleinen Verschiedenheiten in der Färbung der Empfindung auf verschiedenen Stellen der Haut oder des Auges, jener lokalen Färbung der Tast- oder Gesichtsempfindungen, die für die räumliche Anordnung derselben so wichtig ist, alle derartige Differenzen fallen daher noch in die Breite *einer* specifischen Empfindungsqualität. Anders ist dies mit den Empfindungen der Organe von verschiedener Struktur.

Die Schmerzgefühle derselben sind nur insofern übereinstimmend, als der Schmerz überall gleicher Art ist, aber was das Eigenthümliche der Empfindung ausmacht ist ebenso wenig vergleichbar, als sich Schall und Licht subjektiv vergleichen lassen. Dass uns dort die Verschiedenheit nicht so auffällt wie hier, liegt offenbar wieder nur an dem geringen Werth, den jene Organempfindungen für unser Bewusstsein haben. Da wir auf sie erst achten, wenn sie zum Schmerz sich steigern, so hat die Sprache auch nur unterscheidende Bezeichnungen für die Eigenthümlichkeit des Schmerzes verschiedener Organe, diese Bezeichnungen sind aber wegen der Ausschliesslichkeit, mit der sie gebraucht werden, sehr charakteristisch: wir reden von bohrenden und nagenden Schmerzen bei den Knochen, von stechenden Schmerzen bei den serösen Häuten, von brennenden Schmerzen in den Schleimhäuten, u. s. w. Diese bestimmt ausgeprägten Färbungen des Schmerzes sind in den Empfindungen vor ihrer Steigerung zum Schmerze schon vorgebildet, ja im Schmerz erst beginnen sie sich zu verwischen und ihre eigenthümliche Färbung theilweise einzubüssen.

Nach Allem lässt sich somit in der Empfindung selber Nichts auffinden, was uns berechtigte, alle Empfindungen innerer Organe als Aeusserungen eines Sinnes zu betrachten, wie dies von Müller aus andern oben widerlegten Gründen geschehen war. Empfindungen einer Art mit geringeren Verschiedenheiten lokaler Färbung finden wir nur vor in Organen von übereinstimmender Struktur, in ihnen gleicht sich das Wesentliche der Empfindung in ähnlicher Weise wie in der äusseren Haut, trotz der bedeutenden örtlichen Trennung, die wir hier vorfinden. Empfindungen in Organen abweichender Struktur sind dagegen ebenso verschieden wie die Empfindungen differenter Sinnesorgane.

Man kann nun aber die Frage aufwerfen: inwiefern sind wir berechtigt, jene geringeren Abstufungen von den bedeutenderen Verschiedenheiten der Empfindung strenge zu trennen? Dies lässt in Bezug auf die objektiven Sinne leicht sich rechtfertigen. Hier ist eine Differenz in der Empfindungsqualität gegeben, wenn derselbe äussere Eindruck in zwei Fällen einen durchaus verschiedenen Erfolg hat, also z. B. das eine Mal Tastempfindung, das andere Mal Licht, oder das eine Mal Nichts, das andere Mal Farbe hervorruft, wobei also auch eingeschlossen ist, dass Eindrücke, die das eine Sinnesorgan in Erregung versetzen, auf das andere wirkungslos sind. Lokale Färbung der Empfindung dagegen nennen wir es,

wenn bei der Einwirkung der verschiedensten Eindrücke auf eine und dieselbe Stelle eines Sinnesorgans nach Abzug aller von den äusseren Eindrücken herrührenden Verschiedenheiten noch eine gewisse Uebereinstimmung der Empfindung zurückbleibt, die sich nur darauf beziehen lässt, dass eben immer dieselbe empfindende Stelle getroffen wurde. Bei denjenigen Empfindungen, die unter das Gemeingefühl gerechnet werden, wird nun freilich die Unterscheidung zwischen der Qualität der Empfindung und ihrer lokalen Färbung nicht so scharf gemacht werden können, weil hier die Empfindung immer subjektiv bleibt und nicht durch die Abtrennung der auf äussere Objekte bezogenen Verschiedenheiten die Auffassung der lokalen Färbung alsbald ermöglicht wird. Nichts desto weniger muss auch hier die gleiche Unterscheidung zwischen Empfindungsqualität und lokaler Färbung der Empfindung gemacht werden, denn die Empfindung wechselt überall in bestimmter Weise, wenn der veranlassende Reiz sich verändert, und ebenso, wenn der Ort des Reizes sich ändert, jedes von diesen beiden Momenten kann variiren, während das andere constant bleibt, und wir haben dann im einen Fall eine reine Veränderung der Empfindungsqualität, im andern Fall eine reine Veränderung der lokalen Färbung. Die Trennung beider Momente ist bei den subjektiven Empfindungen natürlich schwieriger, weil ihre Objektivirung in Bezug auf Ort und Art der Einwirkung unvollkommner ist, aber es gehört dies erst der Wahrnehmung an und trifft nicht die Empfindung an sich.

Wir sind hiermit zu der Folgerung gelangt, dass zwischen den dem Gemeingefühl zugerechneten Empfindungen und den Empfindungen der objektiven Sinnesorgane nicht, wie man geglaubt hat, eine Grenze sich ziehen lässt, die in der Beschaffenheit der Empfindungen begründet ist. Alle Empfindungen sind ursprünglich rein qualitative Veränderungen unseres Zustandes, erst im Beginn des Wahrnehmungsprocesses trennen wir jede Empfindung in zwei Theile, deren einer sich verändert mit dem Wechsel des Reizes (Empfindungsqualität), und deren anderer sich verändert mit dem Ort des Eindrucks (lokale Färbung), und dann fangen wir an, alle Empfindungen in zwei Gruppen zu trennen: in Empfindungen, die wir auf äussere Objekte beziehen (objektive Empfindungen), und in Empfindungen, die wir auf Zustände unseres eigenen Leibes beziehen (subjective Empfindungen oder Gefühle). Diese letzteren setzen vorzugsweise das Gemeingefühl zusammen, aber nicht ursprünglich und als Empfindungen, sondern erst nachdem die Vorstellungsthätigkeit erwacht ist, nachdem wir unsern

eigenen Leib unterschieden haben von den Objekten, und nachdem wir gelernt haben unsere Empfindungen auf ihre Ursache zurückzubeziehen. Die Unterscheidung von objektiver und subjektiver Empfindung haftet nicht der Empfindung selber an, sondern sie ist erst ein Produkt bewusster Reflexion.

Aber die empfindenden Organe trennen sich auch dann nicht in zwei streng geschiedene Gruppen: in solche, die nur subjektive, und in solche, die nur objektive Empfindungen vermitteln, sondern auch die objektiven Sinnesorgane sind noch subjektiver Empfindungen fähig, d. h. solcher Empfindungen, die nicht auf äussere Gegenstände, sondern auf Zustände unseres eigenen Leibes bezogen werden. In jedem Sinnesorgane entsteht bei geeigneter Art und Stärke des Reizes Schmerz, welcher immer subjektiv ist, und welcher nur subjektiv sein kann, weil das, was das Eigenthümliche des Schmerzes ausmacht, überall gleicher Art ist. Für diese längst bekannte Thatsache haben neuerdings die Untersuchungen von Schiff einen bestimmten physiologischen Anhaltspunkt gegeben. Nach Schiff's Versuchen gehen die Nerven, welche Schmerzeindrücke der Haut leiten, im Rückenmark jedenfalls in ganz anderen Bahnen, als diejenigen Nerven, welche die Tasteindrücke leiten: die letzteren verlaufen in den Hintersträngen, während die ersteren zunächst zu Ganglienzellen der grauen Substanz treten.*) Bis jetzt lässt sich entweder annehmen, dass die peripherischen Nervenfasern beide Arten von Eindrücken aufnehmen, aber im Rückenmark oder in den Wurzelganglien in zwei Fasergruppen sich spalten, in reine Empfindungsfasern und in schmerzleitende Fasern, oder man kann annehmen, dass die empfindungsleitenden und die schmerzleitenden Fasern von Anfang an, schon in der Peripherie, getrennt sind. Im ersten Fall müsste man sich vorstellen, dass bis an die Spaltungsstelle jeder Faser dieselbe für alle Reize leitungsfähig sei, von dort an aber jeder ihrer Zweige die Leitungsfähigkeit nur für die eine Gattung von Reizen beibehalte, eine Annahme, für die bis jetzt kein analoger Fall sprechen würde, oder man könnte voraussetzen, dass die Centralorgane, in welchen die Fasern endigen, jedesmal nur zur Aufnahme einer bestimmten Gattung von Reizen geeignet seien. Schroeder van der Kolk und Schiff haben, wie es scheint, eine dieser Hypothesen als nothwendig vorausgesetzt, aber nicht bestimmt ausgesprochen, welche von beiden. Man kann aber auch von der zweiten Annahme ausgehen,

*) S. Schiff, Lehrbuch der Physiologie. Bd. I. S. 252 u. f.

dass die empfindungs- und schmerzleitenden Fasern schon in der Peripherie getrennt seien, und dann muss man eine wesentliche Verschiedenheit in den peripherischen Endorganen der Nerven voraussetzen, welche die Reize aufnehmen: die eine Form dieser Organe würde nur zur Aufnahme der reinen Empfindungseindrücke, die andere Form nur zur Aufnahme der Schmerzeindrücke fähig sein. Diese letzte Annahme würde manche Analogie für sich haben, da z. B. auch die Verschiedenheit der Farben und Töne schliesslich auf eine solche Scheidung der Endorgane zurückzukommen scheint, denen dann wohl auch eine getrennte Endigung im Gehirn entsprechen mag.

Es würde jedoch offenbar unrichtig sein, wenn man das subjektive Moment bei den Empfindungen der eigentlichen Sinnesorgane auf die Schmerzgefühle beschränken wollte, es pflegt dasselbe allerdings bei den reinen Empfindungen mehr in den Hintergrund zu treten, ohne aber ganz zu verschwinden. Es bildet hier jene Färbung der Empfindungen, die wir mit der vagen Bezeichnung „angenehmer und unangenehmer" Eindrücke belegen, eine Bezeichnung, die freilich von wissenschaftlicher Schärfe noch möglichst weit entfernt ist. Aber wir haben einmal keine anderen Namen für diese Sache, wir sind nicht einmal im Stande, die mannigfachen Zustände, die sich noch innerhalb jener vagen Kategorien bewegen, durch die Sprache zu unterscheiden. Es ist dies im Grunde auch für uns hier gleichgültig: die Thatsache des Vorhandenseins jener subjektiven Eintheilung der Empfindungseindrücke genügt, um zu beweisen, dass alle Empfindungen nicht rein in der Objektivirung aufgehen, sondern dass dieselben noch ein subjektives Moment begleitet. Es giebt nur äusserst wenig Empfindungen im Bereich des Gesichts-, Gehörs- und Tastsinns, gegen die wir uns subjektiv ganz indifferent verhalten, und auch bei ihnen ist diese Gleichgültigkeit vielleicht nur ein relatives Zurücktreten des Subjektiven in der Empfindung. Grelle Farben thun unserm Auge wehe, auch ohne Schmerz zu erregen, die Klangfarbe, die Harmonie oder Disharmonie der Töne sind unserm Ohr angenehm oder widerstreben ihm.

Dieses Subjektive an den Empfindungen ist nicht von Anfang an getrennt von dem, was auf die objektive Eigenthümlichkeit der Eindrücke bezogen wird: die Empfindung an sich ist ein einheitliches Quale, aus dem eine solche Trennung erst als Produkt des Wahrnehmungsprocesses hervorgeht. Erst nachdem wir durch den letztern unser Ich von den Objekten unterschieden haben, vermögen wir an den Empfindungen

reine Veränderungen unseres eigenen Zustandes und Veränderungen äusserer Gegenstände von einander zu trennen. Es ist unrichtig, wenn man gesagt hat: alle Empfindungen fassen wir ursprünglich als blosse Veränderungen unseres Zustandes auf, alle Empfindungen sind ursprünglich subjektiv, und erst durch das Urtheil werden bestimmte Empfindungen objektivirt. Man hat hier das, was die Empfindungen sind, verwechselt mit der Art, wie sie erscheinen. Alle Empfindungen *sind* freilich Veränderungen unseres Zustandes, und zwar nicht blos ursprünglich, sondern immerwährend, aber aufgefasst werden sie anfänglich ebenso wenig in der einen wie in der anderen Weise. Die Empfindungen sind ursprünglich weder subjektiv noch objektiv, und in dem Moment, wo gewisse Empfindungen oder ein bestimmter Theil einer Empfindung als Veränderung des eigenen Zustandes gefühlt wird, da werden auch andere Empfindungen oder ein anderer Theil der Empfindung auf die Beschaffenheit eines äusseren Eindrucks bezogen; denn in dem Moment, wo das eigene Ich getrennt wird von den Objekten, da werden selbstverständlich auch die Objekte getrennt von dem Ich.

Die Trennung der Empfindung in ein subjektives und objektives Moment ist somit nur Produkt der Reflexion, und es entspricht derselben keine wirkliche Scheidung in der Empfindung. Dagegen ist diese Trennung allerdings durch die Beschaffenheit des erregenden Reizes bedingt, die entweder auf einen objektiven Eindruck oder auf eine Veränderung des empfindenden Organs hinweist, oder aber beides in sich vereinigt. Bei den Organempfindungen, die zum Gemeingefühl hauptsächlich beitragen, ist die Beschaffenheit der Reize eine solche, dass die Empfindungen vollkommen subjektiv bleiben, bei den eigentlichen Sinnesempfindungen werden die Reize objektivirt, lassen aber in den meisten Fällen noch eine Veränderung des eigenen Zustandes zur Wahrnehmung kommen.

Wir gelangen so zu dem Ergebniss, dass alle empfindenden Organe mit Einschluss der eigentlichen Sinnesorgane zum Gemeingefühl beitragen. In den Empfindungen aller dieser Organe liegt — mit wenigen noch zweifelhaften Ausnahmen — ein subjektives Moment, das entweder den ganzen oder den theilweisen Inhalt der Empfindung ausmacht. Dieses subjektive Moment, die Auffassung einer Veränderung des eigenen Zustandes, nennen wir *Gefühl*, im Gegensatz zu der *Empfindung im engern Sinne*, die sich auf das Empfinden eines äusseren Gegenstandes oder einer objektiven Bewegung bezieht. Die Trennung von Gefühl und Empfindung ist aber erst

Produkt der Wahrnehmung, der Reflexion, eine Trennung, die da beginnt, wo wir unser Ich trennen von den äusseren Objekten, d. h. wo das Selbstbewusstsein seinen Anfang nimmt. Alle Gefühle, die sich unter das Gemeingefühl ordnen lassen, treten daher als Gefühle erst mit dem Selbstbewusstsein auf: sie sind ebenso wenig wie die Empfindungen im engern Sinne etwas Ursprüngliches. Die Gefühle, die wir als Elemente des Gemeingefühls betrachten, sind selber keine elementaren Processe, sondern Produkte einer Reflexion, die erst auf einer bestimmten Stufe seelischer Ausbildung anfängt.

Wir haben bei dem, was man bisher Gemeingefühl genannt hat, zweierlei zu unterscheiden: erstens das einfache Gefühl, das wie die Empfindung als Einheit, unvermischt mit davon getrennten Wahrnehmungen, percipirt wird, und zweitens das Gemeingefühl, das sich aus der Summe aller gleichzeitigen Gefühle zusammensetzt, aber so zusammensetzt, dass es nicht diese Summe selber, sondern allein der Schluss auf das gleichzeitige Stattfinden der Summe der Gefühlseindrücke ist. Schon das einfache Gefühl ist Produkt einer Reflexion, welche an der reinen Empfindung das subjektive von dem objektiven Moment trennt, und diese Reflexion wiederholt sich in zusammengesetzterer Weise im Gemeingefühl, welches das Produkt der durch successive Perception ermittelten aber als gleichzeitig aufgefassten Gefühle darstellt.

2. Ueber den Muskelsinn.

Unter den dem Gemeingefühl zugerechneten Sensationen sind die Empfindungen der willkürlichen Muskeln für die Bildung der Wahrnehmungen von so hervorragender Bedeutung, dass sie hier einer speciellen Betrachtung bedürfen. Es sind diese Empfindungen gewissermassen in die Mitte gestellt zwischen die subjektiven Gefühle und die Perceptionen der objektiven Sinne. Ihrem Wesen nach sind sie vollkommen subjektiv, aber in ihrer Verbindung mit den äusseren Sinneseindrücken wurzelt der ganze Umfang unserer objektiven Erkenntniss. Hierin mag die Berechtigung liegen, diese Empfindungen unter dem Namen des Muskelsinnes zusammenzufassen, und denselben den fünf objektiven Sinnen als sechsten oder subjektiven Sinn an die Seite zu stellen.

Ueber keinen Gegenstand in der Physiologie der Sinne giebt es widersprechendere Ansichten als über diesen Muskelsinn. Während die Einen demselben die höchste Wichtigkeit

zugestehen und ihn mindestens als den übrigen Sinnen gleich berechtigt betrachten wollen, sind die Andern geneigt, sogar seine Existenz zu leugnen. Es wird nothwendig sein, ehe wir auf die Betrachtung der Muskelempfindungen und ihrer Bedeutung eingehen, die in letzterer Hinsicht gemachten Einwürfe näher zu beleuchten.

Man hat die Existenz der Muskelgefühle von zwei verschiedenen Standpunkten aus geleugnet. Es giebt erstens eine, besonders von Philosophen vertretene, Ansicht, wonach wir zur Wahrnehmung unserer eigenen Bewegung gar keines besonderen Sinnes bedürfen, sondern von derselben eine unmittelbare Kenntniss besitzen sollen, und es giebt zweitens eine Ansicht, die von mehreren Physiologen aufgestellt ist, nach welcher zwar die Zusammenziehung der willkürlichen Muskeln von Empfindungen begleitet sei, diese Empfindungen aber nicht in den Muskeln selbst, sondern entweder in der bedeckenden Haut oder im umgebenden Bindegewebe ihren Sitz haben sollen.

Für die Behauptung, dass unsere Bewegung ohne jede Empfindung zum Bewusstsein gelangen könne, stützt man sich auf verschiedene Gründe.*) Man sagt: ein Muskel- oder Bewegungssinn würde selbst doch schon die Bewegung voraussetzen, damit er der Zusammenziehung als einer Bewegung inne werden könne. Dieser Einwand würde nur haltbar sein, wenn der Muskelsinn isolirt dastünde und nicht von den Empfindungen der andern Sinne, insbesondere der tastenden Glieder, fortwährend begleitet wäre. Wie die Muskelempfindungen für sich jemals zur ersten Vorstellung der Bewegung führen sollten, würde allerdings schwer begreiflich sein, aber es ist dies leicht ableitbar, wenn man, wie es der Wirklichkeit entspricht, die gleichzeitige Thätigkeit aller Sinne zu Hülfe nimmt. Erst nachdem die Zusammenwirkung mit andern Sinnen in die Muskelempfindungen ein bestimmtes räumliches Maass gebracht hat, können diese auch schon für sich die Vorstellung der Bewegung vermitteln. Dabei muss man sich hier, wie überall bei der Beurtheilung ähnlicher Dinge, hüten, dass man nicht die physiologische mit der metaphysischen Frage verwechsele. Ueber das metaphysische Wesen der Bewegung giebt uns der Muskelsinn freilich ebenso wenig Aufschluss wie die räumliche Wahrnehmung über das metaphysische Wesen des Raumes. Wer dies erwartet, der stellt

*) Vergl. bes. Trendelenburg, Logische Unters. Berlin 1840. Bd. I.

an die naturwissenschaftliche Theorie eine Anforderung, die sie weder befriedigen kann noch darf.

Man macht von diesem Standpunkte aus ferner folgenden Einwand: die einfachste äussere Bewegung fordert ein so complicirtes Zusammenwirken von Muskelgruppen, dieselbe einfache Bewegung kann ausserdem auf so verschiedene Weise in Stand gesetzt werden, dass es nicht begreiflich ist, wie erstens eine so zusammengesetzte wirkliche Bewegung zu einer äusserst einfachen Bewegungsvorstellung führt, und wie zweitens diese so verschiedenen Ursprungs sein kann. Es deutet dies, sagt man, darauf hin, dass wir eben nicht die einzelnen Muskelzusammenziehungen, sondern nur die aus diesen resultirende äussere Bewegung wahrnehmen. Zur Verfolgung einer geraden Linie z. B. bedürfen wir complicirter Bewegungen, von denen jede für sich genommen, keine Andeutung der geraden Linie enthält, wir können die Linie ferner mit den tastenden Händen oder mit dem Auge verfolgen, immer bleibt die Vorstellung der Geraden dieselbe.

Auch dieser Einwand fällt bei näherer Betrachtung zusammen. Es ist in der That nicht einzusehen, warum es uns unmöglich sein sollte, aus verschiedenen bedingenden Momenten dasselbe Resultat abzuleiten, warum nicht Zusammenziehungen sehr verschiedener Muskelgruppen die gleiche Wahrnehmung der Bewegung zu Stande bringen sollten, wenn eben die Bewegung selber in den verschiedenen Fällen die gleiche war. Es ist ein Missverständniss, wenn man die Sache so auffasst, als wenn wir durch den Muskelsinn von dem ganzen physiologischen Mechanismus einer Bewegung eine unmittelbare Kenntniss besitzen müssten: wie wir mit unsern objektiven Sinnen nur die äussere Bewegung wahrnehmen, so besitzen wir auch im Muskelsinn selber nur ein Maass für diese äussere Bewegung oder, noch allgemeiner, für das Ziel, das wir bei unsern Muskelzusammenziehungen haben; wir lernten früher bereits einen Fall kennen, wo dieses Ziel nicht einmal eine äussere Bewegung war, sondern in der Verdeutlichung der gesehenen Gegenstände bestand, und wo sich trotzdem der Einfluss der Muskelempfindungen direkt nachweisen liess.*) Welche Muskeln bei einer gegebenen Bewegung contrahirt sind, davon wissen wir natürlich nichts, wir kennen nur die Bewegung, die wir ausgeführt haben, und den äusseren Körpertheil, mit dem wir sie ausgeführt haben. Wenn wir eine und dieselbe Bewegung auf verschiedene Weise zu Stande bringen, so wissen

*) Abhandlung III, 1 und 2.

wir wohl, dass die Bewegung dieselbe war, es ist aber trotzdem an sie ein unterscheidendes Gefühl geknüpft, wodurch wir die gleichen Bewegungen verschiedener Körpertheile und die mit verschiedener Muskelanstrengung ausgeführte Bewegung desselben Theils sogleich unterscheiden. Allen diesen Einwänden kann man als schlagendsten Grund gegenüberhalten, dass die Empfindung bei der Contraktion unserer willkürlichen Muskeln eine Thatsache ist, über deren Vorhandensein sich nicht streiten lässt, über deren Ableitung man höchstens noch verschiedener Meinung sein kann.

Weit weniger erheblich ist daher der Widerspruch jener Physiologen, welche zugeben, dass die Muskelcontraktionen von Empfindungen begleitet sind, welche aber den Sitz dieser Empfindungen nicht in die Muskeln selber, sondern in die bedeckenden oder umgebenden Theile verlegen. Wenn es nur darauf ankäme, die Muskelempfindungen zur Ableitung gewisser Wahrnehmungen zu benützen, so könnte man sich jene Ansicht vielleicht gefallen lassen, da wenigstens manche wesentliche Erscheinungen durch sie ebenso gut erklärt werden wie durch einen Muskelsinn, der an die contraktile Substanz selber gebunden ist. Aber es ist klar, dass, wenn selbst beide Ansichten in dieser Hinsicht sich gleichberechtigt gegenüberständen, es immer noch auf einen direkten Beweis für die eine oder für die andere ankäme. Wir werden einen solchen Beweis zu Gunsten des eigentlichen Muskelsinns nachher liefern; zunächst haben wir die Gründe ins Auge zu fassen, die man zu Gunsten der entgegenstehenden Ansicht beigebracht hat, und einige Schwierigkeiten zu erwähnen, die sich schon ohne nähere Untersuchung dieser Ansicht entgegenstellen.

Wir übergehen hier eine Anzahl indirekter Gründe, die angeführt worden sind, als unerheblich, da dieselben nur zeigen sollen, dass die Empfindungen, die man bei den Tast- und Ortsbewegungen beobachtet, auch ohne Schwierigkeit aus der Faltenbildung und Dehnung der Haut und aus andern Momenten abgeleitet werden können. Direkte Gründe hat man für die Leugnung eines wahren Muskelgefühls nur zwei beigebracht: erstens die Unempfindlichkeit der Muskeln bei Reizung ihrer Substanz durch mechanische und chemische Reize, und zweitens gewisse Beobachtungen an Kranken, die ein Verlaufen der das Muskelgefühl beherrschenden Nervenfasern in den hintern Nervenwurzeln, von welchen keine Fasern in das Innere der Muskeln eingehen, beweisen sollen.*)

*) Vergl. Schiff, Lehrb. der Physiologie, Bd. I. S. 156 u. f.

Was den ersten Punkt betrifft, so wurde schon im vorigen Abschnitt darauf hingewiesen, dass nach den vorliegenden Beobachtungen die Unfähigkeit eines gegebenen Organs auf bestimmte Reize Schmerz zu empfinden, wenn auch diese Reize in andern empfindenden Theilen heftigen Schmerz erregen, nicht darauf schliessen lasse, dass das betreffende Organ überhaupt empfindungslos sei, sondern es kann dasselbe möglicher Weise auf Reize anderer Art mit Empfindungen antworten. Wir haben gesehen, dass dies gerade für die wichtigsten Sinnesnerven zutrifft. Sehnerv, Hör- und Geruchsnerv veranlassen bei der Durchschneidung keine Schmerzempfindung, während heftige Licht-, Schall- und Geruchseindrücke durch diese Nerven Schmerz zu Stande bringen. Ganz ebenso verhält es sich mit den Muskeln: während dieselben auf mechanische Reizung fast unempfindlich sind, finden wir in ihnen bei starker Ermüdung in Folge oft wiederholter Zusammenziehungen das eigenthümliche Gefühl des Muskelschmerzes, von dem sich mit Bestimmtheit zeigen lässt, dass es im Muskel selbst und nicht in der bedeckenden Haut seinen Sitz hat. Die Muskeln verhalten sich also hierin wie die übrigen Sinnesorgane: sie reagiren vorwiegend nur auf den ihnen entsprechenden Reiz mit Empfindung, dieser Reiz aber ist ihre eigene Zusammenziehung.

Die Beobachtungen an Kranken, die man gegen die Existenz eines eigenen Muskelsinnes angeführt hat, betreffen Degenerationen der hintern Nervenwurzeln oder der Spinalganglien. Man behauptet, bei diesen Degenerationen schwinde das Muskelgefühl zugleich mit der Empfindlichkeit der Haut. Hieraus würde hervorgehen, dass die das Gefühl der Muskelzusammenziehung vermittelnden Fasern in den hintern Wurzeln verlaufen. Nun lässt sich aber beweisen, dass aus den hintern Wurzeln keine Nerven entspringen, die sich in den Muskeln verbreiten; denn durchschneidet man in der Lendenanschwellung das Rückenmark und die Nervenwurzelanfänge, so degeneriren in der peripherischen Verbreitung nur die Fasern, die aus den vordern Wurzeln kommen. Man findet aber in Folge jener Durchschneidung nach einiger Zeit alle Fasern in den Muskeln atrophisch geworden.

Dieser Schluss würde bindend sein, wenn seine erste Prämisse gesichert wäre, nämlich der Satz, dass mit der Sensibilität der Haut immer zugleich das Muskelgefühl leide oder schwinde. Dieser Satz ist aber so weit von Sicherheit entfernt, dass man aus den zahlreichen klinischen Berichten, die über Lähmungsfälle existiren, und aus eigenen Beobachtungen

viel eher, wie mir scheint, das Gegentheil herauslesen könnte, wenn nicht, bei der Schwierigkeit und Seltenheit der anatomischen Untersuchung nach dem Tode und bei der noch grösseren Schwierigkeit, diese Untersuchung genügend verwerthen zu können, es am gerathensten wäre, der Krankenbeobachtung in diesem Fall möglichst wenig Zutrauen zu schenken. In den vielen klinischen Berichten, die zur Bestätigung des Bell'schen Gesetzes kurze Zeit nach der allgemeinen Aufnahme desselben veröffentlicht wurden, finden wir immer den Hauptschwerpunkt des Beweises auf jene Fälle gelegt, wo entweder die Sensibilität erloschen und die Bewegungsfähigkeit erhalten ist, oder wo umgekehrt die Bewegung gelähmt ist, während die Empfindlichkeit fortbesteht.*) Das Fortbestehen der Bewegung ist dabei in einer Weise geschildert, die einem Aufgehobensein des Muskelsinnes keineswegs das Wort redet, häufig wird erwähnt, dass bei completer Anästhesie die Bewegungen vollkommen kräftig und sicher erfolgt seien, und dies ist nur möglich, wenn in den Muskelgefühlen ein Maass für die Bewegung enthalten ist. Ich selbst erinnere mich einen Fall beobachtet zu haben, in welchem bei der vollständigsten Empfindungslosigkeit eine Sicherheit der Bewegung vorhanden war, die mir ohne Muskelgefühl unerklärlich wird. In diesem Fall, bei dem später die Autopsie einen akuten encephalitischen Process in der Hirnrinde nachwies, war kurze Zeit nach dem ersten Anfall eine so complete Anästhesie in der rechten Vorderextremität vorhanden, dass weder Berührung, noch Druck oder Stich im Geringsten gefühlt wurden, dagegen war die Bewegungsfähigkeit an derselben Extremität nur wenig alterirt, der Kranke konnte einen Gegenstand, den man ihm vorhielt, mit Sicherheit ergreifen, konnte die dargereichte Hand drücken, kurz es war nicht blos Bewegungsfähigkeit, sondern auch ein Maass für die Bewegungen vorhanden. — Schiff führt an, dass Kranke, die durch Druck auf die hintern Nervenwurzeln oder Degeneration derselben an vollkommener oder theilweiser Anästhesie der Haut leiden, die Füsse zwar noch willkürlich bewegen können, aber das Maass und die Zweckmässigkeit der Bewegungen durch das Gesicht beherrschen müssen. Hierbei ist aber zu beachten, dass zu einem sicheren Gehen nicht blos ein intaktes Muskelgefühl gehört, sondern dass wir auch den Boden fühlen

*) Vergl. die Fälle in Bell's physiologischen und pathologischen Untersuchungen des Nervensystems. Aus dem Englischen von Romberg. Berlin, 1836.

müssen, auf dem wir unsere Füsse bewegen; denn nach der Beschaffenheit des Bodens richten wir unsere Gehbewegungen ein, wir fühlen kleine Unebenheiten, wir fühlen, ob wir bergan, bergab oder in einer Ebene fortgehen. Ist das Gefühl aufgehoben, so würden wir bei jedem Schritte fallen, bei dem die Beschaffenheit des Bodens etwas sich ändert, der Anästhetische nimmt daher das Gesicht zu Hülfe, er verfolgt mit dem Auge den Weg, den er geht. Ein sprechender Beleg hierfür liegt in einem Fall, den Schiff aus seiner Beobachtung anführt: ein Kranker mit theilweiser Anästhesie der Füsse setzte, wenn er im Gehen sich unterhielt, seinen Stock nicht auf den Boden, sondern auf den Fussrücken, um ihn als Sonde für die Bewegungen des Fusses zu gebrauchen. Der Kranke sondirte seinen Gang in dieser Weise gerade während er sich unterhielt, weil er ihn dann mit dem Auge nicht verfolgen konnte, er fühlte dann den Weg, auf den er trat, mit der Hand durch den Fuss und den Stock hindurch. — In den meisten Fällen von Anästhesie, insbesondere wenn dieselbe im Rückenmark oder in den Rückenmarkswurzeln ihren Sitz hat, ist zweifelsohne theilweise Bewegungslähmung mit verbunden, und es wird dann natürlich die Beurtheilung noch weit schwieriger. Auch sind die Fälle, die von Anästhesie bei vollkommener Integrität der Bewegung erzählt werden, nie vollkommen sicher, da geringe Grade der Parese leicht übersehen und ihre Erscheinungen auf die Anästhesie geschoben werden. Bei solcher geringgradiger Parese ist oft das gewöhnliche Maass von Bewegungsfähigkeit erhalten, es ist nur zum Ausführen der Bewegung eine grössere Muskelkraft als gewöhnlich erforderlich. Dann aber spricht sich die Lähmung hauptsächlich in der Abweichung der Muskelgefühle aus: die Bewegungen werden ausgeführt, aber sie werden falsch beurtheilt, indem der Umfang der Bewegung nach dem der aufgewandten Kraft parallel gehenden Muskelgefühl bemessen wird. Wir werden auf Fälle dieser Art weiter unten bei den Augenmuskeln, wo sie näher beobachtet sind, noch zurückkommen.

Man ist wohl zu der Leugnung der eigenthümlichen Muskelempfindungen weniger durch derartige pathologische Beobachtungen geführt worden, als durch die Thatsache, dass nur aus den vordern Nervenwurzeln sich Fasern in den Muskeln verbreiten. Seit der allgemeinen Annahme des Bell'schen Gesetzes ist es nun ein fast von allen Physiologen recipirter Satz, dass die vordern Nervenwurzeln nur motorische, die hintern Nervenwurzeln nur sensible Fasern führen. Dieser Satz, dem die Versuche mit Durchschneidung der Nerven-

wurzeln das Wort reden, ist häufig unberechtigt dahin erweitert worden, dass man beiden Fasergruppen eine nur einsinnige Leitungsfähigkeit zugestand, indem man die vordern Wurzeln als centrifugal, die hintern als centripetal leitende ansah. Diese Erweiterung ist deshalb unberechtigt, weil sie den Schluss macht, dass die Verschiedenheit der Funktionen mit in einer verschiedenen Beschaffenheit der Nerven selber begründet liege, während es von vornherein viel wahrscheinlicher ist, dass es dabei lediglich auf die Endorgane im Gehirn und in der Peripherie des Körpers ankommt, die durch die Nerven verknüpft werden. Diese Wahrscheinlichkeit wird noch bedeutend erhöht durch die Thatsache, dass die elektrophysiologische Untersuchung an den Nervenwurzeln wie an den Stämmen der gemischten Nerven eine Fortpflanzung der Phasen des elektrotonischen Zustandes und der negativen Stromesschwankung nach beiden Richtungen hin nachweist.*) Aber man muss gegen die Fassung, in der das Bell'sche Gesetz zur Annahme gekommen ist, in der Skepsis noch einen Schritt weiter gehen. Alle Versuche, die zu Gunsten dieses Gesetzes angestellt worden sind, beweisen nur, dass die vordern Nervenwurzeln auf mechanische, chemische und elektrische Reize keine Schmerzempfindung vermitteln. Nun wissen wir aber, dass auch Seh-, Hör- und Geruchsnerv auf diese Reize nicht mit Schmerz antworten, sondern, wenn sie überhaupt den Reiz empfinden, nur in der ihnen eigenthümlichen Empfindungsqualität. Erwägen wir nun, dass die Muskelempfindungen bei einer strengeren Betrachtung sich diesen so genannten specifischen Sinnesempfindungen vollkommen gleichberechtigt gegenüberstellen, so ist nicht einzusehen, warum die Nerven, welche die Muskelempfindungen leiten, sich nicht gleichfalls jenen Sinnesnerven analog verhalten sollten;**) es findet dies

---

*) Vergl. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thier. Elektricität, Bd. II, S. 582, und die ausführliche historische Kritik der Lehre von der doppelsinnigen Leitungsfähigkeit ebend. S. 570.

**) Ich habe hier nur ungern einem häufigen Sprachgebrauche mich anschliessend den Ausdruck „specifische Sinnesempfindungen" gebraucht. Dieser Ausdruck sollte in dem Sinne, wie er hier genommen ist, getilgt werden, weil er auf der missverständlichen Unterscheidung des Gefühlssinnes als eines allgemeinen Sinnes von den besondern Sinnen mit specifischer Empfindung beruht. Die Gefühlsempfindungen der Haut sind ebenso gut specifisch als die Gesichts-, Gehörsempfindungen u. s. w. Man muss alle Empfindungen specifisch nennen oder keine. Nach den Auseinandersetzungen des vorigen Abschnitts bedarf dies keiner weiteren Begründung mehr.

im Gegentheil seine Bestätigung darin, dass auch das peripherische Organ, der Muskel, ähnlich wie jene Sinnesorgane auf mechanische und andere Reize nicht mit Schmerzempfindungen antwortet. Wenn die vordern Nervenwurzeln ausser den motorischen Impulsen nur die eigenthümlichen Gefühle der Muskelzusammenziehung leiten, so darf man freilich nicht erwarten, dass die Thiere bei der Reizung dieser Wurzeln schreien und Fluchtversuche machen, wie bei der Reizung sensibler Hautnerven. Gesetzt, man habe eine vordere Wurzel durchschnitten und reize sie an ihrem centralen Ende, so wird vielleicht die Empfindung einer Muskelzusammenziehung die Folge sein, ähnlich wie bei der Reizung der Retina oder des Sehnerven ein Lichtblitz, so wenig das Thier hier heftige reflektorische Aktionen ausübt, ebenso wenig wird dies dort der Fall sein. Es kommt hier zweierlei in Betracht: erstens sind die Nerven, welche die Gesichts- oder Muskelempfindungen vermitteln, offenbar nicht wie die Hautnerven mit den Muskeln der Körperbewegung in einen leichtbeweglichen Reflexzusammenhang gesetzt, und zweitens erregen mechanische, chemische und elektrische Reize, selbst wenn sie von bedeutender Stärke sind, jene empfindenden Nerven weit weniger als die empfindenden Hautnerven. Man kann die stärksten elektrischen Ströme durch den Kopf leiten, ohne dass die auftretenden elektrischen Lichtempfindungen Beschwerde verursachen, während der Schmerz der Hautnerven dabei sehr bald unerträglich wird.

Schon vor längerer Zeit sind von verschiedenen Seiten Zweifel an der Statthaftigkeit der gangbaren Form des Bell-schen Gesetzes in dieser Beziehung geäussert worden. Namentlich hat W. Arnold bemerkt, dass die Thatsachen keinen andern Schluss erlauben, als die hintern Wurzeln als Ursprungsfasern der Hautnerven, die vordern Wurzeln als Ursprungsfasern der Muskelnerven zu betrachten. Arnold suchte durch direkte Versuche zu beweisen, dass nach Durchschneidung der hintern Wurzeln und nach Entfernung der die Muskeln bedeckenden Haut das Muskelgefühl erhalten bleibt.*) Durchschneidet man einem Frosch die hintern Wurzeln für eine Extremität und bringt man diese in eine ausgestreckte Lage, so findet zunächst allerdings kein Anziehen des Beines durch Reflexion statt, wie dies der Fall ist, wenn die hintern Wurzeln erhalten blieben; aber sowie das Thier eine Bewegung

*) J. W. Arnold, Ueber die Verrichtung der Wurzeln der Rückenmarksnerven. Heidelberg, 1844.

auszuführen beabsichtigt, bringt es zuvor das Bein in diejenige Lage, die für die Ausführung der Bewegung die geeignetste ist, und wenn es dann den Sprung ausführt, so wird das unempfindliche Bein gerade so gebraucht wie das unverletzte. Zieht man ferner einem Frosch, dessen Nerven unverletzt sind, die Haut des einen Schenkels ab, so verhält sich das entblösste Bein gerade so, wie wenn die hintern Nervenwurzeln durchschnitten worden wären, d. h. es ist dasselbe nicht reflektorisch erregbar, aber die Vorbereitung zu einer Bewegung und die Bewegung selber geschieht mit dem enthäuteten Bein ganz in derselben Weise wie mit dem unverletzten.

Diese zwei Versuche, die leicht zu wiederholen sind und sich immer bestätigen, beweisen, wie mir scheint, unumstösslich, sowohl dass die hintern Nervenwurzeln nicht die Leitungsfasern für die Muskelempfindungen enthalten, als auch dass das Muskelgefühl nicht in der die Muskeln bedeckenden Haut seinen Sitz hat. Denn wenn das Muskelgefühl, wie Jeder, der ein solches statuirt, zugiebt und wie die Erfahrung bestätigt, wesentlich ein Maass der Bewegungen ist, das den Umfang und die Energie derselben genau regulirt, wie sollte dann die Bewegung nach Lähmung des Muskelgefühls durch Durchschneidung der hintern Wurzeln noch ungestört fortbestehen? Es müsste mindestens erwartet werden, dass die Regulation der Bewegungen aufgehoben sei, dass diese also durchaus unregelmässig und unzweckmässig erfolgten. Ebenso wenig lässt sich die Ansicht aufrecht halten, dass das Muskelgefühl in der Haut seinen Sitz habe, es müsste dann nach der Entblössung der Muskeln ebenfalls die Bewegung ihr Maass verlieren, was, wie wir sehen, ebenso wenig in Wirklichkeit eintrifft.

Die zwei angeführten Grundversuche, die, wie es scheint, vergessen worden sind, sind nach meinem Dafürhalten vollkommen genügend, um die zwei Thatsachen zu beweisen, dass die Muskelempfindungen in den Muskeln selber ihren Sitz haben, und dass die vordern und nicht die hintern Rückenmarkswurzeln die Fasern, welche diese Empfindungen leiten, enthalten. Wenn ich jetzt noch einige weitere Beweise beifüge, so geschieht dies theils um zu zeigen, dass auch alle übrigen Erscheinungen mit den genannten Thatsachen übereinstimmen, theils um einige Momente hervorzuheben, die in den obigen Versuchen nicht so deutlich zu sehen sind. Ich werde noch sechs Beweise anführen, von denen die vier ersten nur eine starke Wahrscheinlichkeit ergeben, da sie eine entgegengesetzte Erklärung mindestens als gezwungen erscheinen

lassen, während die zwei letzten als direkte Beweise zu betrachten sind, welche die obigen Grundversuche sehr wesentlich ergänzen. Die meisten dieser anzuführenden Beweise haben wir in anderm Zusammenhang gelegentlich in den vorigen Abhandlungen schon kennen gelernt, auf die daher hinsichtlich ihrer ausführlicheren Besprechung zum Theil verwiesen werden muss.

1) An die Convergenz der Sehaxen ist eine Empfindung geknüpft, in der für uns ein sehr genaues Maass der relativen Grösse des Convergenzwinkels, d. h. der relativen Entfernung der fixirten Gegenstände enthalten ist. Dieses Maass ist annähernd gleich scharf, ob wir von entfernteren zu näheren oder von näheren zu entfernteren Gegenständen übergehen, ob wir also den Convergenzwinkel vergrössern oder verkleinern. Wir betrachten die Empfindung bei der Convergenz und Divergenz der Sehaxen als eine Muskelempfindung. Diese Annahme bleibt jedoch einigen nicht unmittelbar zu widerlegenden Einwürfen ausgesetzt. Man kann nämlich behaupten, die Convergenzempfindungen, deren thatsächliches Vorhandensein nicht geleugnet werden kann, seien auch ableitbar aus einer Zerrung der Conjunktiva oder aus einem Druck auf die in der Orbita gelegenen Nerven in Folge der Bewegung des Auges. Diese Ableitung wird aber zunächst unwahrscheinlich durch die grosse Feinheit der Empfindung, durch die wir im Stande sind Drehungsunterschiede des Auges, die nicht einmal einen Winkelgrad betragen, noch deutlich wahrzunehmen. Es ist sehr zweifelhaft, ob die Conjunktiva als eine so fein empfindende Schleimhaut betrachtet werden dürfe, dass sie die minimalen Verschiebungen, die bei derartigen schwachen Drehungen zu denken wären, noch deutlich zur Unterscheidung brächte, und noch schwerer ist es denkbar, dass das Fettgewebe der Orbita die dabei entstehenden Druckunterschiede als deutliche Empfindungsunterschiede auf die Orbitanerven fortpflanzen sollte. Es stimmt ferner nicht zu dieser Ableitung, dass das Unterscheidungsvermögen für die Convergenz und Divergenz annähernd von gleicher Schärfe ist, denn wenn man auch zugeben wollte, dass wir für eine Dehnung oder für einen Druck eine scharfe Empfindung besitzen, so würde doch die Annahme, es sei diese Empfindung beim Nachlassen des Drucks und der Dehnung ebenso scharf, mit andern Thatsachen im Widerspruch stehen, die wir im Folgenden anführen werden.

2) Wir sind im Stande, durch das Accommodationsgefühl beim Sehen mit einem Auge über die relative Entfernung der Objekte zu urtheilen (Abh. III, 1.). Dass das Accommoda-

tionsgefühl uns hierbei leitet folgt aus der Beschränkung in die Grenzen der Accommodationsbreite. Wir haben das Accommodationsgefühl aus der Contraktionsempfindung der bei den Accommodationsbewegungen betheiligten Muskeln innerhalb des Auges abgeleitet. Die Berechtigung dieser Ableitung haben wir insbesondere daraus gefolgert, dass wir nur für die Annäherung der Objekte ein unterscheidendes Accommodationsgefühl besitzen, während wir auf die Weiterentfernung derselben nur aus der scheinbaren Grössenänderung zu schliessen vermögen, weshalb beim Sehen mit einem Auge innerhalb der Accommodationsbreite die Unterscheidungsgränze für die Annäherung kleiner ist als die Unterscheidungsgrenze für die Entfernung. Man könnte hiergegen behaupten, ein solches Verhältniss sei auch denkbar, wenn man das Accommodationsgefühl aus einem Druck auf die inneren Gebilde des Auges herleite: das Entstehen des Drucks könne mit einer Empfindung verknüpft sein, während das Nachlassen des Drucks ohne solche geschehe. Dann findet man sich aber im Widerspruch mit den in der vorigen Nummer angeführten Thatsachen: dort müsste angenommen werden, Entstehen und Verschwinden des Drucks oder der Zerrung seien von gleichem Einflusse, hier wird ein solcher Einfluss nur dem entstehenden Druck zugesprochen. Beide Fälle zusammengenommen scheinen mir daher für die Ableitung aus dem Muskelgefühl vollkommend beweisend. In der That sind nur dann die Resultate in Uebereinstimmung zu bringen: das Accommodationsgefühl ist deshalb blos bei der Accommodation für die Nähe vorhanden, weil blos diese mit einer aktiven Muskelwirkung verbunden ist, dagegen giebt es Convergenz- und Divergenzempfindungen von annähernd gleicher Schärfe, weil im einen Fall die innern, im andern Fall die äussern geraden Augenmuskeln in aktiver Zusammenziehung begriffen sind.

3) Wenn man über einer Stelle, deren Muskeln man in willkürliche Bewegung versetzt, die Haut verschiebt oder emporhebt, so dauern nichts desto weniger die Muskelempfindungen fort, und man kann bei diesem Versuch deutlich die Empfindungen in den Muskeln bei ihrer Zusammenziehung und die Empfindungen in der Haut in Folge von Druck und Faltenbildung von einander unterscheiden. Die ersteren Empfindungen bleiben immer unverändert, die letzteren verändern sich oder hören ganz auf. Wenn Schiff behauptet, das Muskelgefühl der Wange verschwinde, wenn man über derselben die Haut am Backenbart emporhebe, so kann diese Angabe nur auf einer Verwechslung des Muskelgefühls mit

dem Gefühl von Druck in der Wangenhaut beruhen. Beide sind unter gewöhnlichen Verhältnissen zu einer complexen Empfindung vereinigt, durch das Emporheben der Haut aber vermag man leicht sie zu trennen.

4) E. H. Weber hat nachgewiesen, dass wir mittelst des Muskelgefühls weit feiner Gewichte zu unterscheiden vermögen als mittelst des Tastsinns.*) Lässt man einen Beobachter die Hand auf den Tisch legen, so dass sie ganz unterstützt ist, und legt man ihm, während er die Augen wegwendet, abwechselnd verschiedene Gewichte auf, so beruht sein Urtheil über den Druckunterschied auf dem Tastsinn. Lässt man dagegen den Beobachter ein zusammengeschlagenes Tuch, in welchem das Gewicht hängt, mit der Hand halten und mit dem Arm heben, so beruht sein Urtheil auf dem Muskelgefühl. Es zeigt sich nun, dass in beiden Fällen die Fähigkeit der Unterscheidung eine sehr verschiedene ist. Während wir durch den Tastsinn höchstens Gewichte zu unterscheiden vermögen, die sich wie 29: 30 verhalten, können wir durch das Muskelgefühl noch vollkommen leicht Gewichte trennen, die sich wie 39: 40 verhalten. — Auch gegen die Beweiskraft dieser Versuche hat man Einwände erhoben, indem man behauptete, wir hätten schon vor der Bewegung ein genaues Bewusstsein der Höhe, bis zu welcher wir die Hand erheben wollten, die Erhebung geschehe aber bei dem grösseren Gewichte langsamer als bei dem kleineren, und wir urtheilten aus der verschiedenen Geschwindigkeit auf die verschiedene Grösse des gehobenen Gewichts.**) Hierauf ist aber zu erwiedern, dass wir, wie man beim ersten derartigen Versuch sogleich sieht, sehr gut Geschwindigkeit der Bewegung und Grösse der bewegten Masse unterscheiden. Wir halten ein kleines Gewicht, das wir langsam in die Höhe heben, deshalb nimmermehr für grösser. Ebenso ist es durchaus unrichtig, wenn behauptet wird, wir seien schon vor aller Bewegung genau der Grösse der Kraft uns bewusst, die unsere Muskeln aufwenden sollen; wir kennen diese Kraft nur, wenn wir vorher mit demselben Gewicht schon Hebungsversuche gemacht haben. Wir haben allerdings meistens eine gewisse Vorstellung von der Kraft, die wir aufwenden müssen, um eine Masse mit vorausbestimmter Geschwindigkeit zu bewegen, schon vor der Bewegung, aber wir täuschen uns hierin sehr häufig, und wir corrigiren dann unsere Vorstellung nachträglich in den

---

*) Art. Tastsinn und Gemeingefühl, S. 546.

**) Schiff, a. a. O. S. 158.

ersten Momenten der Bewegung. Wie die Geschwindigkeit der Bewegung und die Grösse der bewegten Masse in unserer Vorstellung scharf von einander geschieden sind, so vermögen wir sie auch durch unser Muskelgefühl strenge von einander zu scheiden, und es ist sehr wahrscheinlich, dass wenn nicht im Muskelgefühl jene Trennung schon gelegen wäre, wir in der Vorstellung niemals zu derselben gelangen würden.

5) In hohem Grade beweisend für die Existenz der Muskelempfindungen sind endlich die Fälle von theilweiser Muskellähmung des Auges. Es existirt eine grosse Zahl pathologischer Beobachtungen der Art aus älterer und neuerer Zeit. Ich habe als ein besonders beweisendes Beispiel die genau verfolgten Beobachtungen von Graefe's über Parese des Abducens angeführt.*) Bei Kranken mit theilweiser Lähmung dieses Muskels ist das ganze Gesichtsfeld des betreffenden Auges nach Aussen verschoben, da der stärkere Contraktionsimpuls mit einer stärkeren Bewegung verwechselt wird. Aehnliche Beobachtungen sind neuerdings von Langenhaun mitgetheilt worden.**) Ein Kranker, dem der linke Rectus internus zurückgelagert war, verlegte alle Gegenstände zu weit nach rechts; wurde ein Objekt nach rechts bewegt, und sollte er dasselbe berühren, so fuhr er stets mit dem Finger nach rechts vorbei. Eine Kranke mit Lähmung des Oculomotorins fuhr mit dem Finger immer zu weit in die Höhe, wenn sie rasch ein aufwärts bewegtes Objekt berühren sollte. In beiden Fällen wurde also die Bewegung zu weit nach der Richtung hin ausgeführt, nach welcher der kranke Muskel das Auge richten musste. Stets braucht der geschwächte Muskel zur Ausführung einer bestimmten Bewegung eine stärkere Innervation als im gesunden Zustande, und diese stärkere Innervation erzeugt die Vorstellung einer umfangreicheren Bewegung als wirklich stattfand.

6) In den mitgetheilten pathologischen Fällen geht offenbar die falsche Beurtheilung des Bewegungsumfanges hervor aus der falschen Beurtheilung der aufgewendeten Muskelkraft, die nach der Stärke der Innervation geschätzt wird. Dass die Muskelkraft die Wahrnehmung des Bewegungsumfanges bestimmt lässt sich, wie ich früher gezeigt habe, an jedem normalen Auge beweisen. (S. Abh. III, 4.) Jede vertikale Bewegung und in Folge dessen auch jede vertikale Distanz scheint uns in demselben Verhältnisse die gleich grosse hori-

*) Abhandl. III, 4.

**) Dissertatio, Berolin. 1858, Meisners's Jahresber. f. 1859, S. 611.

zontale Bewegung und horizontale Distanz zu übertreffen, als die aufgewendete Muskelkraft im ersten Fall diejenige im zweiten übertrifft; beide nähern sich dem Verhältnisse 5: 4. Jeder, der sich die Mühe nimmt, Distanzschätzungen nach der früher beschriebenen Methode von verschiedenen Personen vornehmen zu lassen, wird sich von der Richtigkeit der angegebenen Verschiedenheit horizontaler und vertikaler Entfernungen überzeugen. Anderseits stimmen sowohl meine Bestimmungen der Muskelkräfte für diese Bewegungen wie die Messungen Ruete's am Ophthalmotrop*) mit jener Verschiedenheit der Entfernungsschätzung überein. Man muss ein solches Zusammentreffen entweder für rein zufällig erklären, in welchem Falle man für jene Eigenthümlichkeit unserer Wahrnehmung lediglich keine irgend denkbare Ursache aufzufinden vermag, oder man muss den hier angenommenen Causalzusammenhang statuiren, der sich überdies als nothwendig herausstellt, wenn man die Richtigkeit der oben angeführten pathologischen Beobachtungen zugiebt.

Von den hier erörterten Beweisen sind einzelne für sich schon so gewichtig, dass sie die Existenz eigenthümlicher Muskelempfindungen vollständig darzulegen im Stande sind, die Gesammtheit dieser Beweise aber setzt diese Muskelempfindungen und ihre Bedeutung für die räumliche Wahrnehmung ausser allen Zweifel. Die Thatsachen berechtigen uns nicht nur sondern zwingen uns dazu, einen selbstständigen Muskelsinn anzunehmen, der als der wichtigste subjektive Sinn den objektiven Sinnen sich anreiht, welche erst im Verein mit ihm die objektive Wahrnehmung zu vermitteln im Stande sind.

Wir wenden uns jetzt zur Betrachtung der wesentlichen Eigenthümlichkeiten des Muskelsinns, so weit dieselben nach den bisherigen Untersuchungen sich feststellen lassen. Zunächst heben wir als charakteristisch hervor, dass die Muskelempfindung nur den Akt der Zusammenziehung des Muskels begleitet. Diese Thatsache, die schon a priori viele Wahrscheinlichkeit für sich hatte, ist jetzt durch unsere Accommodations- und Convergenzversuche bewiesen. Wir sahen, dass das Accommodationsgefühl uns nur für die Annäherung der Gegenstände ein Maass giebt, während wir auf die Entfernung derselben erst aus der scheinbaren Grössenänderung zu schliessen vermögen, daher innerhalb des Accommodationsgebietes beim Sehen mit einem Auge die Unterscheidungsgrenze für die

*) Ruete, Ein neues Ophthalmotrop, Leipzig, 1857. S. 45 u. f.

Annäherung weit feiner gefunden wurde als die Unterscheidungsgrenze für die Entfernung. Wir sahen aber ferner, dass das Convergenzgefühl annähernd gleich scharf ist bei der Entfernung wie bei der Annäherung der Objekte, und wir mussten diesen Unterschied von der Accommodation darauf zurückführen, dass nur der Accommodation für die Nähe eine aktive Muskelwirkung entspricht, während sowohl bei der Convergenz als bei der Divergenz der Sehaxen aktive Muskelwirkungen vorhanden sind.

Eine zweite Thatsache, die aus den bisherigen Untersuchungen hervorgeht, ist die grosse Feinheit der Muskelempfindungen. Diese geht so weit, dass die Muskeln in dieser Hinsicht unsern schärfsten objektiven Sinnesorganen, dem Gesicht und Gehör, an die Seite gestellt werden können. Im ersten Abschnitt der vorigen Abhandlung wurden Messungen mitgetheilt, aus denen die grosse Schärfe hervorgeht, mit der wir im Stande sind geringe Differenzen im Grad der Zusammenziehung zu unterscheiden. Ich lasse hier noch eine Berechnung der dort gegebenen Versuchstabelle folgen, in welcher S die Entfernung des Fadens vom Auge in Cm. und s den entsprechenden Drehungswinkel des Auges bedeutet, s ist der Winkel, um welchen das Auge gedreht werden muss, damit dasselbe auf den der Entfernung S entsprechenden Convergenzgrad eingestellt werde, s ergänzt also den halben Convergenzwinkel zu 90^0; A und E bedeuten ferner die schon in der früheren Tabelle gegebenen Unterscheidungsgrenzen für Annäherung und Entfernung; hieraus sind die Winkel a und e berechnet, welche den diesen Unterscheidungsgrenzen entsprechenden Drehungswinkel des Auges bezeichnen, a und e sind also die eben noch merklichen Convergenz- und Divergenzdrehungen in Winkelsekunden ausgedrückt.

S	s	A	E	a	e
180	$89^0 2{,}5'$	3,5	5	$68''$	$98''$
170	$88^5 59'$	3	4	$66''$	$88''$
160	$88^0 55{,}5'$	3	3	$73''$	$73''$
150	$88^0 51'$	3	3	$85''$	$85''$
130	$88^0 40{,}5'$	2	3	$74''$	$112''$
110	$88^0 26'$	2	2	$104''$	$104''$
80	$87^0 51'$	2	2	$199''$	$199''$
70	$87^0 32{,}5'$	1,5	1,5	$193''$	$193''$
50	$86^0 34'$	1	1	$252''$	$252''$

Ich habe über die Zeit der Individuen, an denen ich diese Messungen vornehmen konnte, nicht so zu disponiren vermocht, dass ich ein genügendes Beobachtungsmaterial er-

hielt, wie es bei der angewandten Methode der eben merklichen Unterschiede geboten ist, um Schlüsse über das Gesetz, nach welchem sich die Empfindungsschärfe verändert, zu ziehen. Auch kam es mir bei diesen Beobachtungen vorwiegend darauf an, annähernd die Genauigkeit festzustellen, mit der wir im Stande sind Unterschiede im Grad der Muskelzusammenziehung aus den Muskelempfindungen zu bemerken, über welchen Gegenstand bis jetzt Beobachtungen noch nicht vorliegen. Es ergiebt sich, dass bei möglichst günstiger Entfernung der Objekte diese Unterscheidungsgrenze noch nicht einer Winkelminute am Auge entspricht, was mit der für die kleinsten Flächendistanzen beobachteten Unterscheidungsgrenze sehr nahe zusammenfällt.

Es zeigt sich, dass die Unterscheidungsfähigkeit am günstigsten ist in grösserer Entfernung vom Auge, während sie relativ geringer wird in grösserer Annäherung, indem sie hier bis auf mehrere Winkelminuten ansteigt. Wir haben hier höchst wahrscheinlich nur einen speciellen Fall des allgemeinen psycho-physischen Gesetzes vor uns. Auch hierin entsprechen die Resultate den sonstigen Beobachtungen, dass mit wachsender Convergenz die Winkel a und e mehr zunehmen, als nach dem Gesetz zu erwarten wäre.

Genauer untersucht ist der Muskelsinn in Bezug auf die Kraft der Zusammenziehung. Es liegen uns hierüber die älteren Beobachtungen von E. H. Weber und die neueren Untersuchungen von Fechner vor. Die Beobachtungen Weber's wurden oben schon als ein Hauptbeweis für die Existenz der Muskelempfindungen angeführt, indem in denselben eine sehr merkliche Verschiedenheit der Empfindungsschärfe beim Druck auf die Haut und bei der Hebung eines Gewichtes zu Tage tritt. Weber aber hat diese Beobachtungen weiter benützt, um das Gesetz darzulegen, nach welchem mit der Steigerung der Gewichte die Unterschiedsempfindlichkeit sich verändert, ein Gesetz, das nicht blos für die Muskelempfindungen, sondern für alle Sinnesempfindungen Gültigkeit hat. Weber fand nämlich, dass, wenn man verschiedene Gewichte durch Hebung mit einander vergleicht, der Unterschied dieser Gewichte, der gerade noch durch den Empfindungsunterschied wahrgenommen werden kann, nicht absolut sondern relativ constant bleibt, dass, wie Weber sich ausdrückt, „der Erfolg bei den Gewichtsbestimmungen derselbe ist, man mag Unzen oder Lothe nehmen, denn es kommt nicht auf die Zahl der Grane an, sondern darauf, ob das Uebergewicht den 30. oder den 50. Theil des Gewichtes ausmacht, welches mit einem

zweiten Gewichte verglichen wird." *) Wird also z. B. bei einem Gewicht von 10 Pfunden ein Zusatzgewicht von 1 Gramm noch wahrgenommen, so müssen bei einem Gewicht von 100 Pfunden 10 Gramme zugelegt sein, um noch wahrgenommen zu werden.

Fechner hat dieses Weber'sche oder psychophysische Gesetz, wie es von ihm genannt worden ist, im Gebiet der Gewichtsversuche durch sehr umfangreiche und sorgfältig ausgeführte Untersuchungen bestätigt. Dabei ist jedoch in den Fechner'schen Untersuchungen der Einfluss der Druckempfindungen nicht eliminirt, so dass Muskelsinn und Tastsinn nicht getrennt zur Darstellung kommen, wie dies in den Weber'schen Versuchen wenigstens näherungsweise und in so weit der Fall war, dass auf eine erheblich verschiedene Unterschiedsempfindlichkeit für beide Sinne geschlossen werden konnte. Dagegen ergiebt sich aus den Versuchen Fechner's, die durch ihre Methode einen weit höheren Grad von Genauigkeit zuliessen, das weitere wichtige Resultat, dass jenes psychophysische Gesetz nur innerhalb gewisser Grenzen gültig ist, dass es über dieselben hinaus aber seine Gültigkeit verliert.**) Dieser Punkt bedarf auch im Gebiet der Gewichtsversuche, mit Rücksicht auf die Bemerkungen von Helmholtz in Betreff der Lichtempfindungen,***) noch einer fortgesetzten Untersuchung.

Es kann sonach als bewiesen betrachtet werden, dass wir sowohl für den Umfang als für die Kraft der Muskelzusammenziehung eine sehr feine Unterschiedsempfindlichkeit besitzen, welche für die letztere nachgewiesenermassen dem psychophysischen Gesetze folgt, während für den ersteren das Gleiche in hohem Grad wahrscheinlich ist. Es erhebt sich nun die Frage: sind Umfang und Kraft der Zusammenziehung etwas von einander in der Empfindung durchaus verschiedenes, giebt es ein besonderes Gefühl des Contraktionsumfanges und ein besonderes Gefühl der Contraktionskraft, oder entspringen beide aus einer und derselben Empfindung, sind es vielleicht erst sekundäre Momente, die uns bestimmen Umfang und Kraft der Zusammenziehung von einander zu trennen?

Zunächst ist die Thatsache festzuhalten, dass wir im normalen Zustande unserer Bewegungsorgane niemals den Umfang und die Kraft der Muskelbewegung mit einander verwechseln.

---

*) Tastsinn und Gemeingefühl, S. 506.

**) Fechner, Elemente der Psychophysik, Bd. I, S. 182 u. f.

***) Helmholtz, Physiolog. Optik, S. 312 u. f.

Wir wissen sehr wohl, ob wir 10 Pfund 1 Zoll hoch oder 1 Pfund 10 Zoll hoch gehoben haben, wir setzen nie statt der grösseren Bewegung das grössere Gewicht, oder statt des grösseren Gewichtes die grössere Bewegung. Es möchte aber trotzdem nicht rathsam erscheinen, ohne weitere Gründe beide Empfindungen streng von einander zu trennen, da die Thatsache jener Unterscheidung immerhin nicht nothwendig eine anfängliche Differenz der Empfindungen voraussetzt, sondern eine solche Unterscheidung auch entstehen könnte z. B. durch ungleiche Betheiligung der Muskeln an der Bewegung oder durch eine verschieden grosse Zeit der Bewegung.

Prüft man die subjektive Empfindung selber, so lässt sich, wie mir scheint, eine sichere Entscheidung nicht geben, denn wenn man das eine Mal das kleinere Gewicht, das andere Mal das grössere Gewicht auf eine bestimmte Höhe hebt, so hat man allerdings eine Verschiedenheit der Empfindung, aber es bleibt sehr unentschieden, ob sich dabei die eigentliche Contraktionsempfindung verändert, ob es nicht vielmehr Empfindungen anderer Art sind, die sich beimischen und bei der Beurtheilung der Grösse des gehobenen Gewichtes den Ausschlag geben. Wenn ich durch völlig gleichmässige Hebung der Schulter das eine Mal den Arm unbelastet in die Höhe ziehe, das andere Mal während die Hand ein Gewicht von 100 Pfund oder mehr trägt, so vermag ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden, ob das Gefühl der grössern Contraktionsenergie im letztern Fall wirklich in den Muskeln seinen Sitz hat, und nicht vielmehr in den Gelenken, an denen man die grössere Spannung der Bänder bei stärkeren Belastungen sehr deutlich empfindet. Man könnte nach solchen Hebungsversuchen mit starken Belastungen leicht geneigt werden, das Gefühl der Contraktionskraft ganz in die Gelenke zu verlegen, wie es in der That von Manchen geschehen ist. Aber es ist dabei wohl zu beachten, dass derartige Versuche mit grossen Gewichten, die auf die Gelenkbänder bedeutend ausdehnend einwirken, sehr wenig beweisen. Die Spannungsempfindung in den Gelenken, die sich sehr häufig zum Schmerz steigert, ist dann immer so stark, dass sie die eigentliche Muskelempfindung, deren Intensität weit schwächer ist, vollständig übertäubt. Wählt man aber kleine Gewichte, so kann man, dem Weber'schen Gesetze gemäss, den Unterschied der Contraktionskraft in verschiedenen Fällen viel genauer ermessen, und doch fühlt man hier von einer Spannung in den Gelenken gar nichts, sondern die ganze Contraktionsempfindung wird in die verkürzten Muskeln verlegt.

Mit weit grösserem Rechte könnte man gegen die Trennung einer Bewegungs- und Kraftempfindung an den Muskeln die oben in Bezug auf den Bewegungsmechanismus des Auges erwähnten Beobachtungen anführen, aus denen hervorgeht, dass am Auge eine grössere Contraktionsenergie sehr gewöhnlich verwechselt wird mit einer umfangreicheren Bewegung. Aber es erscheint doch nicht gerechtfertigt, aus einer an diesem besonderen Organe in der That vorkommenden Verwechslung von Kraft und Umfang der Bewegung einen verallgemeinernden Schluss zu ziehen. Es muss berücksichtigt werden, dass in Wirklichkeit beim Auge die aufgewandte Muskelarbeit sich im Wesentlichen nur nach dem Umfang der Bewegung richtet, denn die bewegte Masse bleibt immer dieselbe, und auch die Bewegungswiderstände sind constant. Dieser Fall ist in vollkommener Strenge wohl nur am Auge realisirt, an den andern willkürlichen Bewegungsorganen variirt die aufgewandte Muskelarbeit nicht blos nach dem Umfang der Bewegung, sondern auch nach der bewegten Masse, und die letztere ist bedeutenden Verschiedenheiten unterworfen, je nachdem wir unsere Glieder unbelastet oder mit verschiedenen Gewichten in Bewegung setzen. Wenn nun beim Auge der Fall eintritt, dass zu einem bestimmten Bewegungsumfang eine grössere bewegende Kraft erforderlich ist als früher, so müsste, wenn Bewegungs- und Kraftempfindung von einander verschieden sind, eigentlich geurtheilt werden, dass das Auge nun eine schwerere Masse geworden sei als vorher, ja dass es nach einer Richtung bewegt eine grössere Masse sei als nach einer andern Richtung bewegt. Es lässt sich leicht denken, dass eine solche Vorstellung, die gegen alle unsere festgesetzten Wahrnehmungen verstösst, nicht leicht aufkommen kann, und dass dann viel eher die grössere Kraft mit dem grösseren Umfang der Bewegung verwechselt wird, wenn, was ohnedies nicht zu bezweifeln steht, Bewegungs- und Kraftempfindung mit einander eine gewisse Verwandtschaft haben und diese Verwandtschaft auch in der Art der Zunahme der Empfindung mit wachsender Reizgrösse sich ausspricht. Man kann vielleicht eine Bestätigung dieser Anschauung darin finden, dass in den erörterten pathologischen Fällen in der That die anfängliche Verwechslung später sich ausgleicht und einer richtigen Beurtheilung Platz macht, und dass auch die normaler Weise im Auge vorhandene Ungleichheit durch Uebung in der Schätzung von Distanzen bis zu einem gewissen Grad ausgeglichen werden kann. Es spricht endlich hierfür die Beobachtung unvollständiger Lähmungen an andern Bewegungs-

organen, insbesondere an den Extremitäten. Hier wird, so weit meine Erfahrungen reichen, niemals die grössere Contraktionsenergie mit einer umfangreicheren Bewegung verwechselt. Der Umfang der Bewegungen wird meist richtig beurtheilt, aber es ist den Kranken, als wenn sie Blei an den Füssen trügen, oder als wenn sie grosse Gewichte mit den Armen heben müssten, d. h. es wird wirklich die grössere Anstrengung auf eine grössere bewegte Masse bezogen.

Es scheint mir somit vorerst, ehe etwa ein Zusammenhang bestimmter nachgewiesen ist, geboten zu sein, Kraftempfindung und Bewegungsempfindung an den Muskeln von einander zu scheiden. Es hat eine solche Scheidung in der That auch an sich keine Schwierigkeit. So gut wir im Bereich des Gefühlssinnes Tastempfindungen und Wärmeempfindungen von einander trennen müssen, ohne leugnen zu wollen, dass vielleicht noch ein tieferer Zusammenhang zwischen beiden vorhanden ist*), ebenso gut müssen wir diese Aufstellung zweier verschiedener Empfindungsqualitäten im Bereich des Bereich des Muskelsinns ausführen. Dass Kraftempfindung und Bewegungsempfindung in ähnlicher Weise verschiedene Empfindungsqualitäten sind, müssen wir eben daraus schliessen, dass wir unter gewöhnlichen Verhältnissen Energie und Umfang der Bewegung mit Sicherheit von einander trennen, ohne dass sich für dieses Urtheil ein anderer Anhaltspunkt nachweisen liesse als die Empfindung. Es mag sein, dass beide Empfindungen verwandter sind, eine grössere Aehnlichkeit mit einander besitzen als Tast- und Temperaturempfindungen, obgleich Fick nachgewiesen hat, dass auch im Gebiet der letzteren Verwechslungen verkommen, es ist aber noch wahrscheinlicher, dass wir beide Empfindungen nur deshalb nicht alsbald als verschiedene Empfindungsqualitäten auffassen, weil überhaupt die Muskelempfindungen an sich unserer genaueren Beobachtung zu entgehen pflegen, indem wir sie alsbald räumlich objektiviren, indem wir sie alsbald in die Form der Bewegung und der Wirkung nach Aussen in unserer Vorstellung umsetzen. Wir glauben eine unmittelbare Gewissheit davon zu besitzen, dass wir uns besser bewegen, wir meinen es unmittelbar zu

---

*) A. Fick schliesst auf diesen Zusammenhang aus dem Umstand, dass man Temperaturreize und leise Berührungsreize mit einander verwechseln kann. Er sagt: beim Temperatur- und Berührungsgefühl kommen nur die oberflächlich gelegenen Nervenfasern der Haut in Erregung, während bei der Druckempfindung auch die tieferen Nervenschichten betheiligt sind. (Moleschott's Untersuchungen zur Naturl. des Menschen, Bd. VII.)

wissen, dass wir einen äusseren Körper von bestimmter Masse in Bewegung setzen; in Wahrheit haben wir dabei nichts unmittelbar als Muskelempfindungen, alles Andere ist Schluss und Urtheil, das sich auf diese gründet, aber jene Empfindungen, ohne die wir nie zur Vorstellung eigener und fremder Bewegung zu gelangen vermöchten, entgehen unserer gewöhnlichen Beobachtung, weil diese nur immer das letzte Ziel im Auge führt und sich nichts um die Mittel kümmert, wenn auch ohne diese Mittel das Ziel nicht zu erreichen wäre.

Noch von einem anderen Gesichtspunkte aus lässt sich diese Trennung der Muskelempfindungen in Bewegungs- und Kraftempfindungen rechtfertigen, nämlich durch die Betrachtung der Analogie des Muskelsinns mit den objektiven Sinnen, und es wird uns dieser Gesichtspunkt in der allgemeinen Theorie der Wahrnehmungsprozesse noch förderlicher sein. Wir unterscheiden bei jedem objektiven Sinne eine zweifache Verschiedenheit des Eindrucks, die abhängt von der Verschiedenheit der ihn hervorrufenden äusseren Bewegung, und dem entsprechend eine zweifache Verschiedenheit in der Empfindung selber. Wir beobachten nämlich theils eine Verschiedenheit in der Art des äusseren Eindrucks, theils aber eine Verschiedenheit in seiner Stärke, der ersteren entspricht die verschiedene Qualität der Empfindung, der letzteren die verschiedene Intensität der Empfindung. So sind z. B. beim Gesichtssinn die Empfindungen des Violetten und Rothen, Gelben und Blauen qualitativ verschieden, und diese Verschiedenheiten rühren davon her, dass die Schwingungsdauer des Lichtäthers bei jeder einzelnen dieser Farbenempfindungen eine verschiedene ist. Aber ein und derselbe Farbenton des Violett oder Roth u. s. w. kann Empfindungen von sehr verschiedener Stärke hervorrufen, und dies rührt her von der mehr oder minder grossen Intensität der Aetherschwingungen. Dasselbe lässt sich in Bezug auf die anderen Sinne durchführen, so weit die denselben entsprechenden objektiven Bewegungen genauer untersucht sind. Auch bei dem Muskelsinn haben wir nur eine solche Verschiedenheit nach zwei Richtungen hin: unsere Muskelempfindungen sind nämlich erstens verschieden nach dem Grade der Zusammenziehung, dadurch entsteht eine qualitative Verschiedenheit der Muskelempfindungen, die der qualitativen Verschiedenheit der Farben und Töne entspricht; sie sind zweitens verschieden nach der Energie der Zusammenziehung, dadurch entsteht eine intensive Verschiedenheit der Muskelempfindungen, die der verschiedenen Intensität gleichartiger objektiver Sinneseindrücke parallel geht.

Ein wichtiger Unterschied des Muskelsinnes von den objektiven Sinnen besteht aber darin, dass bei ihm nicht blos die der verschiedenen Stärke des Eindrucks entsprechenden Empfindungen, sondern auch derjenigen Empfindungen, die der verschiedenen Qualität analog sind, unmittelbar in eine intensive Reihe sich ordnen. Den Umfang der Zusammenziehung vermögen wir ebenso genau und ebenso als unmittelbares Resultat unserer Wahrnehmung nach quantitativem Maass zu bestimmen, wie die Kraft der Zusammenziehung, wir bedürfen dazu weder einer besonderen Ausbildung des Sinnesorgans, noch gar einer wissenschaftlichen Reflexion, wie im Gebiet des Gesichts- und Gehörsinns. In diesem Punkte, welcher den wichtigsten Unterschied des subjektiven von den objektiven Sinnen ausmacht, ist zugleich die ganze Bedeutung desselben für die Wahrnehmungsprocesse begründet.

Zur genaueren Zergliederung dieser Prozesse wenden wir uns jetzt, nachdem wir in den bisherigen Untersuchungen die nothwendige Vorbereitung gewonnen haben. Diese Zergliederung wird in einen psychologischen und in einen logischen Theil zerfallen. Wir werden zuerst den Versuch machen, die Entstehung und Ausbildung der Sinneswahrnehmungen aus den gegebenen Thatsachen zu entwickeln, und wir werden sodann die logische Untersuchung und Zerlegung jener psychischen Prozesse vornehmen, durch welche die Sinneswahrnehmung sich aufbaut. —

3. Die Entstehung und Ausbildung der Sinneswahrnehmung.

Indem wir die Entstehung und Ausbildung der Sinneswahrnehmung zu ermitteln suchen, geschieht dies unserm Standpunkte gemäss in möglichstem Anschlusse an die Erfahrung. Ich sage, in *möglichstem* Anschlusse an die Erfahrung, weil ich leider nicht sagen kann, in *alleinigem* Anschlusse an die Erfahrung. Wir betreten ein Gebiet, das der naturwissenschaftlichen Beobachtung nur bis zu einer gewissen Grenze zugänglich ist, und beim ersten Schritt, den wir auf ein solches Gebiet setzen, erhebt sich die berechtigte Frage: dürfen wir es wagen, ohne die Thatsachen der Beobachtung durch Resultate müssiger Spekulation zu gefährden, auch die Dinge in die Untersuchung zu ziehen, die jenseits der Grenze gelegen sind? Wir stehen einer schlimmen Wahl gegenüber: unternehmen wir es, weiter sehen zu wollen als unsere Schritte

reichen, so geben wir uns der Gefahr preis, in den Augen Vieler Alles zu verlieren, weil wir mit Wenigem nicht zufrieden gewesen, beschränken wir uns aber auf den eng begrenzten Kreis der Beobachtungen, die uns unmittelbar in der Hand liegen, so verzichten wir damit auf das Beste, was wir durch unsere Untersuchung erreichen könnten, auf die Einheit, die hinter dem für sich zusammenhang- und bedeutungslosen Chaos von Thatsachen verborgen liegt und diese erst zu einem Ganzen verknüpft. — Dieser Alternative gegenüber giebt es einen Gesichtspunkt, der alsbald die Wahl zu entscheiden geeignet ist. In der That beschränkt sich keine Naturwissenschaft auf die Objekte ihrer unmittelbaren sinnlichen Beobachtung, sondern von diesen aus sucht sich die Wissenschaft zu dem zu erheben, was hinter den Erscheinungen gelegen ist und als ihr gemeinsamer Grund betrachtet werden kann; ist so die nothwendige Einheit gewonnen, so wird auch dasjenige mit in die Untersuchung gezogen, was nur sehr bruchstückweise oder zum Theil gar nicht der eigentlichen Beobachtung zugänglich ist. Es ist mit andern Worten der Analogieschluss, dem das vollendende Geschäft in jeder Naturwissenschaft zusteht: mit seiner Hülfe bildet sich der Geologe aus einigen Versteinerungen ein Bild von der Beschaffenheit ganzer Weltepochen, mit seiner Hülfe konstruirt der vergleichende Anatom aus einem einzigen Knochen einen ganzen Thierorganismus. Der Analogieschluss ist die einzige Metaphysik, die berechtigt ist, und die tief mitten in die Erfahrungswissenschaften hineinreicht, ohne die uns Alles verschlossen wäre, was uns nicht unmittelbar sinnlich gewiss ist. So wenig die Wissenschaften von der materiellen Natur dieser Hülfe entbehren können, so wenig kann dies die Psychologie. Nachdem wir im Vorangegangenen für eine grössere Zahl von Fällen die Regeln gefunden haben, nach welchen die Seele bei der Bildung der Wahrnehmungen verfährt, übertragen wir demgemäss diese Regeln auf jene unbekannten Fälle, in welchen die Entstehung der Wahrnehmung unserer Beobachtung entrückt ist, und wir nehmen an, dass in diesen unbekannten Fällen die Wahrnehmung nach der allgemeinen Analogie der Wahrnehmungsprozesse entstanden sei. Muss diese Annahme als berechtigt zugestanden werden, so wird auch das folgende Bild der Entwickelung der Sinneswahrnehmungen im Wesentlichen das richtige sein.

Derjenige Akt, der allen Wahrnehmungsprozessen vorangeht, ist die durch den äusseren Sinneseindruck hervorgerufene Empfindung. Die Empfindung kommt zu Stande, indem

die äussere Bewegung, die den Sinneseindruck ausmacht, durch empfindende Nervenfasern zu centralen Ganglienzellen sich fortpflanzt. Der äussere Eindruck besteht in einem physischen Bewegungsprozess, in welchen die peripherischen Endapparate der Sinnesorgane versetzt werden, ebenso ist die Leitung des Eindrucks in der Nervenfaser ein physischer Bewegungsprocess, und endlich ist es ohne Zweifel wieder ein physischer Bewegungsprozess, der in der Nervenzelle selber die Empfindung erregt. Die Empfindung aber, dieser erste psychische Akt, in welchen der fortgepflanzte Bewegungsprozess sich umsetzt, ist etwas vollkommen Neues, das aus den vorangegangenen Bewegungserscheinungen sich vorerst nicht ableiten lässt. Diese Ableitung wird die Aufgabe einer künftigen Theorie der Empfindung sein, hier im Gebiete der Wahrnehmung haben wir uns mit derselben nicht zu befassen, hier haben wir lediglich die Empfindung als das weiter nicht zu zerlegende Element zu betrachten, welches der Wahrnehmung vorausgeht und sie bedingt. Wir können uns hier damit begnügen in Bezug auf die Empfindung zwei Thatsachen festzuhalten, welche als unzweifelhafte Ergebnisse der Beobachtung betrachtet werden müssen.

Erstens sehen wir durchweg, dass dem differenten objektiven Eindruck auch eine differente Empfindung entspricht, und zwar gilt dies sowohl innerhalb verschiedener Sinnesgebiete als auch für die verschiedenen Empfindungen eines und desselben Sinnes. Schall- und Lichtschwingungen unterscheiden sich, ebenso unterscheiden sich Tonempfindung und Lichtempfindung, und der Mannigfaltigkeit, die innerhalb jeder einzelnen dieser Bewegungsformen noch vorhanden ist, entspricht die Mannigfaltigkeit der Ton- und Farbenempfindungen. Wir sehen einen vollständigen Parallelismus gegeben zwischen dem objektiven Eindruck und der Empfindung, ohne dass dieser Parallelismus seiner nähern Ursache nach uns bekannt wäre. Die Empfindung ist nicht identisch mit dem physischen Vorgange, der in der Nervenzelle durch den äusseren Eindruck hervorgerufen wird, aber sie verändert sich, sobald sich dieser ändert, in durchaus gesetzmässiger Weise. In diesem Parallelismus unserer Empfindungen mit dem äusseren Geschehen ist aber erst die Möglichkeit einer Wahrnehmung überhaupt gegeben.

Zweitens sehen wir einen festen Reflexzusammenhang bestehen zwischen bestimmten Empfindungsgebieten und bestimmten Bewegungsgebieten unseres Körpers, einen Reflexzusammenhang, der ursprünglich vollkommen ausser dem Ein-

flusse unseres Willens steht, wohl aber durch diesen später abgeändert oder auch gelöst werden kann. Enthauptete Thiere pflegen daher diesen Reflexzusammenhang noch in seiner vollen Ursprünglichkeit zu zeigen, in der er augenscheinlich einer unabänderlichen Gesetzmässigkeit unterworfen ist. Die Bewegung, die reflektorisch einem Empfindungsreiz nachfolgt, ist zunächst abhängig von dem Ort der Reizung, sie ist aber ausserdem auch abhängig von der Intensität der Reizung. Bei mässigen Reizen, bei denen gerade erst eine reflektorische Bewegung eintritt, bleibt diese auf eine ganz bestimmte Muskelgruppe beschränkt, die mit der gereizten Stelle in den nächsten Reflexzusammenhang gesetzt ist. Bei Steigerung des Reizes verbreitet sich aber allmälig die Bewegung, bis endlich bei den heftigsten Reizen die Bewegung fast zu einer allgemeinen wird. Es ist somit eine und dieselbe empfindende Stelle reflektorisch verknüpft mit einer Unzahl von Bewegungsheerden, aber diese Verknüpfung ist eine verschieden innige: in nächstem Zusammenhange steht jede empfindende Stelle immer nur mit e i n e m engbegrenzten Bewegungsheerd, an diesen erst schliessen sich in immer weiteren Kreisen Bewegungsheerde von entfernterem Zusammenhange. Für den normalen Ablauf der Empfindungen ist nun offenbar jener Bewegungsheerd von nächstem Zusammenhang, welcher der empfindenden Stelle unmittelbar zugeordnet ist, allein von Bedeutung, denn über ihn hinaus verbreitet sich die Reflexbewegung im Allgemeinen nur bei einer Stärke der Reize, bei welcher die Empfindungen nicht mehr zur Bildung objektiver Wahrnehmungen verwandt werden. So werden bei dem normalen Ablauf der Sinneseindrücke fortwährend Bewegungen angeregt, deren Beschaffenheit gesetzmässiger Weise von den Sinneseindrücken abhängig ist. Man hat häufig diese reflektorischen Bewegungen als z w e c k m ä s s i g e Bewegungen bezeichnet, und es ist diese Bezeichnung charakteristisch, insofern sie andeutet, welchen unmittelbaren Eindruck die betreffenden Bewegungen auf uns machen. Aber es würde sehr verkehrt sein, wenn wir aus diesem Eindrucke nur schliessen wollten, dass die Bewegung selber ein bewusstes Handeln nach Zwecken einschliesse. Wir sind gerade bei den Reflexbewegungen hierzu sehr geneigt, weil wir dieselben an Theilen und Organen vor sich gehen sehen, die wir selbst mit Willkür und zu bestimmten Zwecken zu bewegen pflegen. An sich müssen aber deshalb diese Bewegungen ebenso wenig aus einem bewussten Handeln herfliessen, als etwa die Bewegungen der Eingeweide oder gar die Bewegungen der Himmelskörper, die man beide mit

demselben Rechte zweckmässig nennen kann, wie die Reflexbewegung. Wir verwechseln bei der Betrachtung der Naturerscheinungen immer und immer wieder unsern eigenen Standpunkt mit dem Wesen der Dinge. Weil unser reflektirender Verstand die Gesetzmässigkeit in dem Laufe der Naturerscheinungen in den meisten Fällen zweckmässig findet, so sind wir geneigt, in den Erscheinungen selber ein Handeln nach Zwecken zu sehen, ohne zu bedenken, dass ein Zweck in dem von uns gebrauchten Sinne auch nur für unser eigenes beschränktes Denken besteht.

Der Mechanismus der Uebertragung von Empfindungseindrücken in Bewegungsimpulse, den wir Reflexbewegung nennen, ist für die Entstehung der Wahrnehmungen und für die Geschichte des Seelenlebens überhaupt von der höchsten Wichtigkeit. Hier stehen wir auf jenem Punkte, wo Physisches und Psychisches ohne Grenze in einander gehen. Der Reflexmechanismus kommt zu Stande lediglich durch einen physischen Zusammenhang gesetzmässig angeordneter Nervengebilde, und der Reflexmechanismus bildet das erste Glied in der ganzen Kette jener Lebensäusserungen des Individuums, die wir als seelische Aeusserungen auffassen. Eine eingehende Zergliederung des Seelenlebens zeigt, dass alle psychischen Handlungen bis hinauf zu den freien Aeusserungen des selbstbewussten Willens sich im Laufe der Entwickelung des Seelenlebens hervorbilden aus dem physischen Mechanismus der Reflexe. Aus der Reflexbewegung bildet sich hervor die sinnliche Wahrnehmung, in der sinnlichen Wahrnehmung wurzelt das Gebiet der Vorstellungen, und auf einer zahllosen Reihe von Vorstellungen ruht die Welt der abstrakten Begriffe. Die unabänderliche Gesetzmässigkeit in dem physischen Zusammenhange der Nervengebilde ist die Ursache gesetzmässiger Reflexbewegungen, in der Gesetzmässigkeit der Reflexbewegungen liegt aber die Sicherheit unserer Wahrnehmungen und Vorstellungen begründet, und auf der Sicherheit unseres Vorstellungslebens erhebt sich die Sicherheit unseres Denkens.

Für die Wahrnehmung wird der erörterte Reflexmechanismus dadurch von so grosser Bedeutung, dass durch ihn die Empfindungen der objektiven Sinnesorgane nicht isolirt bleiben, sondern sich stets mit bestimmten subjektiven Empfindungen des Muskelsinns kombiniren. Auf dem hiermit gegebenen Parallelismus zweier Empfindungsreihen beruht die ganze Entstehung der Sinneswahrnehmung und beruht insbesondere die Ausbildung der räumlichen Wahrnehmung. Ohne diesen Parallelismus würden die Empfindungen stets successive Verände-

rungen unseres subjektiven Zustandes bleiben, ohne ihn würden wir niemals dazu gelangen, die Empfindungen zu ordnen und zu Wahrnehmungen zu verknüpfen. —

Die ersten Wahrnehmungsakte liegen begründet in der Thätigkeit des Muskelsinnes. Indem wir unsere Glieder bewegen, treffen wir auf äussere Widerstände. Wir bemerken, dass diese Widerstände zuweilen vor unserer andringenden Bewegung zurückweichen, aber wir erfahren zugleich, dass dies mit sehr verschiedener Leichtigkeit geschieht, wir müssen, um verschiedene Körper in Bewegung zu setzen, eine sehr verschiedene Muskel*kraft* aufwenden, jedem einzelnen Grad der Kontraktionskraft entspricht aber ein bestimmter Grad in der *Intensität* der Muskelempfindung. In diese Muskelempfindungen mengen sich fortwährend ein die Empfindungen der Haut, die unsere tastenden Glieder überzieht, und zwar so, dass die Intensität dieser Tastempfindungen der Intensität der begleitenden Muskelempfindungen parallel geht.

Wir gelangen auf diese Art dazu, die Intensitätsgrade der Muskelempfindungen in nothwendiger Weise mit der Beschaffenheit der Widerstände zu verknüpfen, die sich unserer Bewegung entgegensetzen. Wir ordnen diese Widerstände, die wir, wenn die Vorstellung sich durch Mitwirkung anderer Sinne weiter ausgebildet hat, äussere Körper nennen, nach ihrer *Masse*, d. h. nach dem Grad ihres Widerstrebens, in eine quantitative Reihe und unterscheiden eine entsprechende Stufenfolge unserer Muskelempfindungen. Wo diese nun im späteren Verlauf des Seelenlebens für sich auftreten, da beziehen wir sie alsbald auf einen Bewegungswiderstand von grösserer oder geringerer Stärke. — In dieser Beziehung der Intensitätsgrade unseres Muskelgefühls ist der erste Wahrnehmungakt gelegen: wir nehmen durch unsere Muskelempfindungen subjektiv wahr die Widerstände, die sich unsern Bewegungen entgegensetzen, und wir gelangen dadurch zur objektiven Wahrnehmung der Massebeschaffenheit der Naturkörper; wir fassen dabei aber diese vorerst noch nicht einmal als äussere Körper auf, wir sind noch fern von jeder räumlichen Vorstellung, wir haben uns die einzige Wahrnehmung der Masse oder des Widerstandes gebildet, und diese besitzen wir losgelöst von jeder weiteren Vorstellung und Abstraktion, die wir später hinzuthun, und die wir allerdings uns dann schwer hinwegzudenken vermögen.

Treffen wir mit unsern Bewegungsorganen auf äussere Körper, so unterscheiden wir durch das Zusammenwirken unserer Tast- und Muskelempfindungen alsbald, ob dieselben als Ganze sich

unserer Bewegung entgegensetzen und unter Umständen als Ganze unserer Bewegungskraft nachgeben, die festen Körper, oder ob sie unserer Bewegung nachgeben, indem sie ihre eigene Form ändern, wie bei der fest-weichen und flüssigen Beschaffenheit. Wir erhalten so durch unsere Empfindungen Aufschluss über die physische Constitution und den Aggregatzustand der Körper. Nur indem sich die Körper als Ganze unserer Bewegung entgegensetzen, gelangen wir zu der Wahrnehmung ihrer Masse. Später, wenn unsere anderen Sinnenthätigkeiten erwacht sind, vergleichen wir dann diese von den Körpern durch unsern Muskelsinn erhaltene einfache Wahrnehmung mit ihren übrigen sinnlichen Eigenschaften, namentlich mit ihrer Ausdehnung, wir sehen, dass unter fast gleichen Bedingungen die Körper um so grössere Widerstände unserer Bewegung entgegensetzen, dass die Empfindungen unserer kontrahirten Muskeln um so intensiver werden, je ausgedehnter die Körper sind u. s. w. Auf diesem Wege gelangen wir zu den einfachen Vorstellungen, welche die Grundlage unserer mechanischen Axiome bilden. Von welcher Wichtigkeit die Muskelempfindungen für die Ausbildung unserer primitiven mechanischen Vorstellungen sind, zeigt auf schlagende Weise die Geschichte der Wissenschaften. Auf dem frühesten Standpunkte des mechanischen Wissens werden alle Naturerscheinungen abgeleitet aus dem unmittelbaren Eingreifen ausserhalb der Dinge stehender Mächte, die man sich menschlich versinnlicht, alle wirkenden Kräfte werden unter dem Bilde menschlicher Muskelkraft vorgestellt. Es ist bekannt genug, dass diese Vorstellungweise in den Mythologien des Alterthums liegt, in welchen Theologie und Naturkunde noch ungetrennt sind, und in welchen die bewegende Kraft menschlicher Götter alles Geschehen veranlasst. Aber es wird weniger beachtet, dass jene Vorstellungsweise noch tief in die Zeiten einer exakteren Naturbetrachtung, ja in unser eigenes Denken hineinreicht. Noch zu Kepler's Zeiten dachte man sich die Bewegung der Planeten um die Sonne durch unsichtbare Arme bewirkt, die von allen Seiten des Sonnenkörpers nach den Planeten hin ausstrahlten. Cartesius verwarf jene Vorstellung, aber nur, um an die Stelle der unsichtbaren Arme unsichtbare Wirbel zu setzen, die nach seiner Annahme die Bewegung mechanisch fortpflanzen sollten; in der That hatte er damit nur den unsichtbaren Armen eine neue Form gegeben und sie vervielfältigt. Wir sind jetzt weit über jenen Standpunkt hinaus, und doch, wenn wir es uns selbst gestehen, können wir uns von keiner einzigen Kraft eine deut-

liche Vorstellung bilden als von unserer eigenen Muskelkraft. Wollen wir uns eine Vorstellung davon machen, wie die Sonne durch unendliche Entfernungen blos durch ihre Masse Kräfte auszuüben vermag, so müssen wir unbewusst wieder zu den unsichtbaren Armen der Alten zurückkehren. Ohne unsere Muskelkraft würden wir nicht im Stande gewesen sein zum Begriff der Kraft überhaupt zu gelangen, und wo wir versuchen diesen Begriff in die concrete Vorstellung zu übersetzen, da kehren wir zu dieser Muskelkraft, von der wir ausgingen, wieder zurück: unsere Muskelempfindungen sind der Ursprung der Kraftvorstellung, und sie bleiben fortwährend das einzige direkte Maass, nach welchem wir äussere Kräfte zu messen vermögen.

In der Wahrnehmung der Intensität unserer Bewegung und ihrer Beziehung auf die Intensität eines Widerstandes liegt der erste Verknüpfungspunkt unserer rein qualitativen Seelenzustände mit den quantitativen Verhältnissen der Aussenwelt, wenn auch in diesen ursprünglichen Beziehungen die Scheidung einer Aussenwelt von dem Subjekte noch lange nicht gegeben ist. Die Wahrnehmungen unseres Muskelsinns werden nämlich auf die Erfahrungen, die uns durch unsere übrigen Sinne zufliessen, übertragen. Wie wir unsere Muskelempfindungen in eine intensive Reihe geordnet haben, so ordnen wir nun auch die Empfindungen unserer anderen Sinne. Wie wir die heftigere Muskelempfindung von der schwächeren dem Grade nach unterscheiden, so unterscheiden wir überhaupt gradweise Abstufungen aller Sinneserregungen. Wir beginnen so zu unterscheiden die Grade der Licht- und Farbenempfindung, die Intensitäten des Tons und des Schalls, die Grade des Drucks, der auf unsere Haut wirkt, und die Intensitäten der Geruchs- und der Geschmacksempfindungen: alles dies sind Unterscheidungen analog denen, die wir gelernt haben im Bereich unseres Muskelsinnes zu machen, und die wir nun auf alle unsere objektiven Sinne übertragen. Diese Einordnung sämmtlicher Empfindungen in eine quantitative Reihe nach ihrer Intensität ist wieder im Bereich der objektiven Sinne der erste Akt der Wahrnehmung, an den sich alle weiteren Wahrnehmungsakte anschliessen.

Zunächst wird im Bereich des Muskelsinns selber aus der Wahrnehmung der Contraktions*kraft* die Wahrnehmung des Contraktions*umfanges* gebildet. Die Grade des Bewegungsumfanges, die ursprünglich als rein qualitative Unterschiede aufgefasst wurden, werden in eine quantitative Reihe geordnet, indem die hier vorhandenen Unterschiede in eine ähnliche

Abstufung gebracht werden wie die Unterschiede der Contraktionsenergie. Damit sind die Grade des Bewegungsumfanges als solche noch nicht wahrgenommen, denn es liegt in dieser ursprünglichen Abstufung noch nichts von einer räumlichen Anschauung. Aber die räumliche Anschauung bildet sich während und mit jener Abstufung aus, indem die Thätigkeit der objectiven räumlichen Sinne, namentlich des Tastsinnes, fortwährend in die Wahrnehmung hereingreift. Sobald sich durch diese combinirte Thätigkeit die erste räumliche Anschauung gebildet hat, werden dann alsbald auch jene intensiven Unterschiede des Grades der Zusammenziehung als räumliche Unterschiede des Bewegungsumfanges wahrgenommen.

Von unsern objektiven Sinnen bleiben Geruchs- und Geschmackssinn fortwährend auf jener Stufe der Ausbildung stehen, auf der sie ihre Empfindungen nur der Intensität nach zu ordnen vermögen. Wir können mit diesen Sinnen die Grade eines bestimmten Geruchs und Geschmacks quantitativ unterscheiden, aber die verschiedenen Geruchs- und Geschmacksperceptionen haben keinen Verknüpfungspunkt unter sich, der bittere, sauere, süsse Geschmack z. B. stehen unvermittelt neben einander, sie lassen nicht in eine einheitliche Reihe sich ordnen. Die Qualitäten der Empfindung bleiben hier auf ihrer ursprünglichen Stufe rein qualitativer Empfindungen fortwährend stehen.

Auf einer weit vollkommneren Stufe der Ausbildung befindet sich der Gehörssinn. Er unterscheidet nicht blos die Intensitäten des Tons und des Schalls ihrem Grade nach, sondern er vermag zugleich die qualitativen Verschiedenheiten der Tonempfindung zurückzuführen auf eine quantitative Reihe. Aehnlich wie wir durch unsern Muskelsinn nicht blos unterscheiden die Energie der Zusammenziehung, sondern auch die Grade des Contraktionsumfanges, die ursprünglich als rein qualitative Verschiedenheiten sich darstellen, ähnlich unterscheiden wir durch den Gehörssinn neben den Intensitäten des Schalls auch dessen qualitative Verschiedenheiten in einer quantitativen Abstufung als Tonreihe. Der Grund für diese Ausbildung des Gehörssinns liegt offenbar begründet in der weit feineren Organisation unseres Gehörorgans. Wir sehen in diesem Einrichtungen gegeben, durch welche wir, innerhalb der uns zugänglichen Grenzen der Tonreihe, äusserst feine Abstufungen in der Verschiedenheit der Töne aufzufassen vermögen. Dadurch werden wir dahin geführt, die ganze Tonwelt in eine einzige continuirliche Reihe zu ordnen. Was wir mit allen Hülfsmitteln nicht vermöchten, wenn die

von uns unterscheidbaren Töne je um mehrere Oktaven von einander entfernt lägen, das ergiebt sich uns ganz von selbst bei der umfangreichen und feinen Unterscheidung, deren wir in Wirklichkeit fähig sind. So kommt es, dass, während unsere Geruchs- und Geschmacksperceptionen unvermittelt neben einander stehen, unsere Gehörsempfindungen alsbald in die quantitative Reihe geordnet werden, die uns geläufig ist. Wir vervollkommnen die Uebung unseres Ohrs in dieser Einrichtung aber erst und vorzüglich dadurch, dass wir gleichzeitig eine Mehrheit von Tönen aufzufassen im Stande sind. Hierdurch wird alsbald eine Verschiedenheit von einer Gleichheit der Empfindungen getrennt, hierdurch wird uns ferner unmittelbar in dem harmonischen oder disharmonischen Zusammenklingen der Einzeltöne der Anhaltspunkt gegeben zu jener ausgebildeteren Einreihung der Tonwelt, wie sie systematisch in der Musik geschieht. Die Bezeichnungen, welche die Musik für diese quantitativen Verhältnisse gewählt hat, sind künstliche, aber die Verhältnisse selber sind in der Natur gelegen, sie fliessen unmittelbar aus der Form jener Bewegungen, aus welchen die objektiven Töne bestehen, und welche vermöge des überall durchgeführten Parallelismus zwischen den Empfindungen und ihren objektiven Erregungen in unseren Empfindungen sich spiegeln. Aus diesen, aus den Empfindungen, hat die Musik ihr quantitatives System zunächst aufgebaut, und viel später haben erst die physikalischen Wissenschaften bestätigt, dass der subjektiven Gesetzmässigkeit objektive Gesetze zu Grunde liegen. Indem wir einzelne Töne als höher, andere als tiefer unterscheiden, wissen wir damit noch durchaus nicht, ob diese oder jene es sind, welchen die grössere Schwingungsgeschwindigkeit der Schallwellen entspricht, ja wir beziehen anfänglich überhaupt nicht den Ton auf eine objektive Bewegung. Aber gerade beim Gehörssinn liegt selbst die genauere physikalische Beziehung sehr nahe, und sie ist deshalb auch bei ihm am frühesten eingetreten, theils weil wir bei den tiefsten Tönen noch die Einzelschwingungen durch unser Gehör selbst unterscheiden können, theils weil wir die Schwingungen tönender Körper, z. B. der Saiten, häufig unmittelbar mit unsern Augen zu verfolgen Gelegenheit haben.

Die Tastempfindungen der Haut und die Lichtempfindungen des Auges stehen in Bezug auf ihre Qualität grösstentheils unvermittelt neben einander. Namentlich gilt dies für den Tastsinn: offenbar giebt es auch verschiedene Qualitäten der Druckempfindung, unsere Empfindung ist eine andere bei der Berührung eines spitzen Körpers als bei der Berührung eines

stumpfen, anders bei der Berührung eines glatten als eines rauhen. Aber die Verschiedenheit des äusseren Eindrucks ist hier eine so rohe, dass wir sie unmittelbar auf die räumliche Anordnung der Theilchen der äusseren Körper beziehen, dass sie uns nicht eine Qualität der Empfindung bleibt, sondern alsbald auf die räumliche Verschiedenheit der berührten Oberfläche bezogen wird. Diese Verschiedenheit selber zeigt aber in sich keine gesetzmässige Abstufung, wir vermögen daher auch nicht eine Abstufung in den Qualitäten unserer Druckempfindung zu machen. Dagegen besitzt unsere Haut eine äusserst feine Unterscheidung für die Intensität der Druckempfindung, so dass wir sehr geringe Druckunterschiede von einander zu trennen vermögen. Diese Einreihung der Tastempfindungen in eine intensive Reihe wird wesentlich dadurch befördert, dass wir unsere Haut betastend einen Druck von verschiedener Stärke auf sie ausüben. Dadurch werden wir unmittelbar genöthigt, die intensiven Grade der Muskelempfindungen unserer tastenden Glieder mit den intensiven Graden unserer Tastempfindungen zu vergleichen, und hierin liegt höchst wahrscheinlich der erste Ursprung einer Uebertragung der Erfahrungen unseres subjektiven Sinnes auf die objektiven Sinne überhaupt.

Der Gesichtssinn giebt uns eine unendlich reichere Welt qualitativer Empfindungen als der Tastsinn, aber auch bei ihm wird es uns in einem sehr beschränkten Grade nur möglich, die Qualitäten der Empfindung in eine quantitative Reihe zu ordnen, die den quantitativen Verhältnissen des objektiven Eindrucks parallel geht. Doch die Gründe, aus denen beim Auge eine ähnliche Ausbildung des Sinnes wie beim Gehör nicht möglich ist, sind wieder andere als bei den bisher betrachteten Sinnen. Während wir bei diesen den letzten Grund finden mussten in der mangelhaften Ausbildung der Sinnesorgane, die uns z. B. bei Geruch und Geschmack die feineren Uebergänge der Empfindung gänzlich verschliesst, sehen wir das Auge so ausgebildet, dass es innerhalb der seiner Auffassung zugänglichen Reihe des Spektrums die feinsten Uebergänge wahrzunehmen fähig ist. Aber während wir beim Gehörssinn eine vollständige Trennung aller gleichzeitig stattfindenden Einzelempfindungen in der Wahrnehmung auffanden, sehen wir beim Gesichtssinn ein totales Verschmelzen einer grossen Masse von Einzeleindrücken. Das weisse Licht und fast alle Farbentöne, die wir in der Natur beobachten, bestehen nicht aus den einfachen Qualitäten der Lichtempfindung, aus den Farbenabstufungen des Spektrums, sondern sie

sind meistens aus einer Menge von Spektralfarben zusammengesetzt, und unser Auge vermag das zusammengesetzte Licht nicht aufzulösen, weil die verschiedensten Formen der Bewegung des Lichtäthers, sobald sie auf ein und dasselbe Netzhautelement treffen, dasselbe in eine resultirende zusammengesetzte Bewegung bringen, die in eine untrennbare Empfindung sich umsetzt. Dieser Nachtheil unseres Gesichtssinnes hängt aber wieder mit den Vorzügen desselben auf das innigste zusammen: nur auf diese Weise liess sich nämlich die Auffassung räumlicher Bilder verwirklichen, ausserdem aber wurde ihm gerade durch das Verschmelzen einfacher Farben eine unendliche Feinheit in dem rein Qualitativen der Empfindung gegeben. Würden wir immer die einfachen Farben des Spektrums aufzufassen genöthigt sein, so würden wir uns fortwährend in einem zwar prächtigen aber höchst einförmigen Farbenmeer bewegen, das hinter seiner Einförmigkeit alle feineren Verschiedenheiten der Gegenstände versteckte. Wir werden deshalb auch bei der höchsten Ausbildung niemals dazu gelangen, die Farbenwelt in gleichem Reichthum gesetzmässiger und quantitativ bestimmbarer Abstufung aufzufassen wie die Welt der Töne, aber was uns hievon im Bereich des Gesichtssinnes verloren geht, das wird uns reichlich durch den gerade hierin begründeten qualitativen Reichthum dieses Sinnes ersetzt, der denselben erst zu der wichtigen Rolle geschickt macht, die er im Process unserer äusseren Erkenntniss spielt, zu der Rolle des feinsten Unterscheidungsorganes der Verschiedenheiten der Körperwelt, das wir besitzen.

Indess wir so in Betreff der verschiedenen Arten der Lichtempfindung stets an das Qualitative gebunden bleiben, wird es uns dagegen innerhalb jeder einzelnen Art möglich, die Intensitäten derselben in gradweiser Abstufung scharf von einander zu trennen. Wir unterscheiden am Licht überhaupt seine verschiedenen Helligkeitsgrade, und wir unterscheiden an jeder einzelnen Farbe ihre matteren und grelleren Töne. Wir vermögen selbst bis zu einem gewissen Grad die Intensitäten verschiedener Farben mit einander zu vergleichen, doch geschieht dies schon weit unvollkommner: wir sind dabei stets geneigt die helleren Farbentöne für die intensiveren zu halten, und unsere Empfindung ändert sich in dieser Hinsicht sogar mit den Tageszeiten, wie z. B. bei der Vergleichung von Roth und Blau, wo bei starker Beleuchtung Roth überwiegt, während bei einbrechender Dunkelheit Blau überwiegend wird.

Wir sehen in Bezug auf die bisher betrachteten Wahrnehmungsfähigkeiten der Sinne den Sinn des Gehörs bei weitem oben anstehen: er ist der einzige, der nicht blos die Intensitäten seiner Empfindung in eine Reihe ordnet, sondern der auch die qualitativen Verschiedenheiten seiner Empfindung quantitativ abstuft. Aber während Gehör, Geruch und Geschmack hierbei stehen bleiben, erheben sich Tast- und Gesichtssinn im Verein mit dem Muskelsinn noch zu einer weiteren wichtigen Wahrnehmungsfunktion, durch welche eine objektive Erkenntniss wesentlich erst begründet wird, sie entwickeln in sich die Fähigkeit der räumlichen Wahrnehmung.

Die Hauptmomente bei der Entstehung der räumlichen Wahrnehmung sind in Bezug auf den Tastsinn in der ersten Abhandlung, in Bezug auf den Gesichtssinn in der dritten und vierten Abhandlung abgeleitet worden. Beide Ableitungen stimmen in den wesentlichen Punkten mit einander überein. Immer baut die räumliche Wahrnehmung aus zwei correspondirenden Empfindungsreihen sich auf, aus den eigenthümlichen Empfindungen des Tast- oder Gesichtssinns und aus den Muskelgefühlen; der Verknüpfungspunkt aber für diese Empfindungsreihen liegt in der Reflexbewegung. Hinsichtlich der näheren Durchführung dieses Satzes müssen wir auf das früher ausführlich Dargelegte verweisen, da die Ableitung der räumlichen Wahrnehmung den Ausgangspunkt und das Hauptziel unserer Untersuchungen gebildet hat; wir haben aber die räumliche Wahrnehmung aus dem Grunde zum hauptsächlichsten Untersuchungsobjekt genommen, weil bei ihr allein die Theorie sich auf genügende Weise thatsächlich begründen liess, während uns die Ableitung der früheren Wahrnehmungsakte, mit denen sich der vorliegende Abschnitt beschäftigt hat, nur durch ein Rückwärtsschliessen aus den in Bezug auf die räumliche Wahrnehmung erkannten Thatsachen möglich geworden ist.

Bevor ich diesen Abriss der Entwicklungsgeschichte der Wahrnehmung schliesse, muss ich auf einen Mangel der Darstellung aufmerksam machen, der sich nicht umgehen liess, der aber sehr geeignet ist, den ganzen Wahrnehmungsprocess viel verwickelter und schwieriger erscheinen zu lassen, als er in Wirklichkeit sein mag. Ich bin genöthigt gewesen, diese ganze Entwicklung als eine fortwährende Aufeinanderfolge von Vorgängen darzustellen, bei der immer nur Eines an das Andere sich anreiht, während doch in Wirklichkeit eine Menge von Vorgängen gleichzeitig geschieht und erst

durch die Gleichzeitigkeit überhaupt eine Entwickelung möglich macht. Wir befinden uns hier in einer ähnlichen Lage wie in der körperlichen Entwicklungsgeschichte. Die Embryologie greift ein System und Organ nach dem andern heraus und beschreibt die Metamorphosen, die es durchmacht, während doch alle Metamorphosen im Einzelnen nur aus der Metamorphose des Ganzen heraus sich begreifen lassen, diese aber lässt sich nie mit einem Blick überschauen, die Darstellung liefert daher immer nur Bruchstücke, die man sich nachträglich zu einem Ganzen zusammendenken muss. Dieser Uebelstand tritt bei der Entwickelungsgeschichte des Seelenlebens noch weit mehr zu Tage, weil man es hier mit einem der sinnlichen Beobachtung nicht unmittelbar zugänglichen Untersuchungsobjekte zu thun hat, und daher die Darstellung leicht für die Sache selber genommen wird. Es würde sehr unrichtig sein, wenn wir uns die Wahrnehmung aus einer reinen Succession von Empfindungsimpulsen wollten entstanden denken, wenn wir annehmen wollten, zuerst bildeten sich die Wahrnehmungen des Muskelsinns, dann in bestimmter Reihenfolge die Wahrnehmungen der objektiven Sinne. Mit den ersten Muskelempfindungen finden gleichzeitig Tast-, Gesichts- und andere Empfindungen sich vor und werden gleichzeitig von der Seele verarbeitet. Während die Intensitätsgrade der Eindrücke noch geordnet werden, bilden sich schon die ersten unvollkommenen räumlichen Anschauungen, und indem so immer eine Vielheit von Wahrnehmungsakten innerhalb der verschiedensten Sinnesgebiete in einander eingreift, unterstützt das Eine das Andere. Nur diese Gleichzeitigkeit, dieses rasche Ineinandergreifen mannigfacher Wahrnehmungsakte macht überhaupt die höheren Stufen der Wahrnehmung möglich. Trotz der raschen Folge unendlich vieler und mannigfacher Impulse, welche die sich entwickelnde Seele von ihren Sinnen empfängt, ist in jener Gleichzeitigkeit der Wahrnehmungsakte kein Anlass zu Verwirrung und Verwechslung gegeben, sondern es liegt in ihr vielmehr der Grund zu schärferer Scheidung und Auffassung. Die zwei Grundthatsachen, die wir an die Spitze dieser Betrachtungen gestellt haben, sind es, die hier ihre volle Bedeutung gewinnen: erstens der Parallelismus der Empfindungen mit den objektiven Eindrücken, die sie erregen, und zweitens der gesetzmässige Zusammenhang der objektiven Sinneseindrücke mit Reflexbewegungen und durch sie mit Muskelempfindungen. Beide Momente greifen lichtend in das Chaos der Empfindungen ein und stellen die bleibende Ordnung um so rascher und vollkommener her, je stärker

und rascher der Zufluss mannigfacher Eindrücke ist. Nur das Eine, ohne das die ordnende Thätigkeit jener Momente allerdings nicht zu denken wäre, bleibt erhalten, mag der Zufluss der Eindrücke noch so bedeutend sein: immer und immer wiederholen sich dieselben Eindrücke und dieselben Empfindungen und werden auf die gleiche Weise auf dem Weg der Reflexbewegung verbunden.

4. Logische Zergliederung der Wahrnehmungsprocesse.

Da die Wahrnehmungsprocesse unbewusster Natur sind und nur die Resultate derselben zum Bewusstsein zu gelangen pflegen, so ist es uns unmöglich, diese Processe in ihrer Entwicklung und in ihrem ganzen Umfang zu überschauen. Aus diesem Grunde sind die Wahrnehmungsvorgänge nicht unmittelbar der logischen Zergliederung zugänglich, sondern es ist hier ein vorbereitendes Geschäft nöthig, wir haben aus den Resultaten der Wahrnehmungsprocesse zunächst diese selber in ihrem Entstehen und ihrer Entwicklungsweise darzustellen und dann erst die logisch zergliedernde Hand an sie anzulegen. Jenes vorbereitende Geschäft ist theils in den frühern Untersuchungen, theils im vorigen Abschnitt beendigt worden, so dass wir jetzt sogleich dem logischen Theil der Aufgabe uns zuwenden können. Zuvor aber haben wir noch einen Einwand ins Auge zu fassen, der sich leicht gegen diese ganze Betrachtungsweise erheben könnte.

Im Allgemeinen sind die Naturerscheinungen überhaupt nur in ihren Resultaten unserer Beobachtung zugänglich. Allein unser bewusstes Denken macht eine Ausnahme hiervon, indem wir nicht blos die Resultate desselben auffassen, sondern auch das Entstehen dieser Resultate auf jedem Schritt zu verfolgen im Stande sind, und dieses Entstehen zeigt sich uns in der Form logischer Entwicklung. Niemand würde nun bei dem heutigen Stande der Wissenschaften darauf verfallen, dieses Entstehen aus einem logischen Gedankenprocess auch auf beliebige Phänomene der äusseren Natur, die nicht von Wesen ähnlicher Art wie wir selbst sind ausgehen, zu übertragen, derjenige würde lächerlich erscheinen, der z. B. die Erscheinungen der irdischen Schwere als die Resultate eines Gedankenprocesses betrachten wollte. Warum sind wir nun in Bezug auf jene unbewussten Vorgänge anderer Meinung, trotzdem uns auch bei ihnen nichts anderes als die Resultate bekannt

sind? Es sind zwei Gründe, auf die wir uns hierbei stützen, und die in der That die Ansicht, dass für das unbewusste Seelenleben dieselben logischen Gesetze wie für das bewusste Denken massgebend sind, zur Gewissheit erheben. Erstens bemerken wir bei genauer Untersuchung der Resultate der Wahrnehmungsvorgänge, dass dieselben sehr häufig in gegenseitiger Verbindung mit einander stehen, dass insbesondere innerhalb eines und desselben Sinnesgebietes die verwickelteren Wahrnehmungen aus einfacheren sich zusammensetzen. Diese Zusammensetzung, so verschieden sie in den einzelnen Fällen sein mag, hat doch immer das Uebereinstimmende, dass sie als das Resultat einer Reihe von Schlüssen, also eines logischen Processes sich betrachten lässt, während bis jetzt keine andere Hypothese aufgefunden wurde, welche in ähnlicher Weise den Erscheinungen zu genügen im Stande ist. Diese logische Ableitung der Wahrnehmungsvorgänge passt insbesondere auch für alle jene Fälle, wo die Wahrnehmung nicht der Wirklichkeit entspricht, d. h. für die grösste Zahl der so genannten Sinnestäuschungen. Diese lassen sich alle (ausgenommen die Sinnestäuschungen durch Anomalien der Sinnesorgane, die nicht hierher gehören) gleichfalls zurückführen auf logische Processe, aber auf fehlerhafte, auf Fehlschlüsse, und es lässt sich in den einzelnen Fällen der Grund der Irreleitung des Urtheils mit vollkommner Sicherheit darstellen. Es würde überflüssig sein, hier noch einzelne Beweise sowohl für die richtigen als für die falschen Wahrnehmungsschlüsse beizubringen, es sind solche Beweise in den vorausgegangenen Untersuchungen in genügender Zahl enthalten. — Es ist demnach die Voraussetzung der logischen Begründung der Wahrnehmungsvorgänge eine Hypothese, insofern diese logische Begründung selber nicht unserer unmittelbaren Beobachtung vorliegt, aber sie ist die einzige Hypothese, die für jede einzelne Wahrnehmung vollständig passend ist, und die zugleich auf alle Wahrnehmungsvorgänge passt, sie ist daher in nicht höherem Grad eine Hypothese als jede andere Annahme, die wir in Bezug auf den Grund von Naturerscheinungen machen, sie hat das wesentliche Erforderniss jeder fest begründeten Theorie, dass sie der einfachste und zugleich passendste Ausdruck ist, unter welchen die Thatsachen der Beobachtung sich subsumiren lassen. Aber im vorliegenden Fall geht die Theorie in Bezug auf einen wesentlichen Punkt über alle andern naturwissenschaftlichen Theorien an Sicherheit der Begründung hinaus: dies führt uns auf den zweiten Grund, der zu ihren Gunsten in die Schranken tritt.

Für unser bewusstes Denken ist die logische Form nicht eine Hypothese, sondern, wie schon bemerkt, eine Thatsache der Beobachtung. Wir sehen aber, dass sich zwischen Bewusstsein und Unbewusstsein eine scharfe Grenze niemals ziehen lässt. Mag auch vom wissenschaftlichen Standpunkte das Bewusstsein scharf definirbar sein, in der Wirklichkeit gehen stets beide Zustände ohne Grenze in einander über. Ein solcher continuirlicher Uebergang ist nur denkbar, wenn die beiden Zustände in ihrem Wesen mit einander übereinstimmen, wenn das Bewusstsein nur als die weitere Entwicklung eines und desselben Grundzustandes auftritt. Diese Betrachtungsweise passt nun vollständig zu der Annahme einer logischen Entwicklung des unbewussten Lebens. Das Bewusstwerden lässt sich, wenn es klar definirt werden soll, wie wir später zeigen werden, nur bestimmen als der Process, durch welchen das Subjekt von den Objekten sich unterscheidet. Dieser Process ist, wenn er nach der Analogie des bewussten Lebens erfolgt, wieder ein Schlussprocess. Man mag aber auch über das Wesen des Bewusstseins anderer Meinung sein, so zweifelt doch Niemand daran, dass das Bewusstsein zum Theil noch im Bewusstsein entsteht, d. h. nachdem die erste rohe Scheidung längst schon gemacht ist, wird diese Scheidung im weiteren Verlauf des Seelenlebens noch immer mehr geschärft und vervollkommnet. Diese sekundären Akte des Bewusstwerdens erfolgen nun alle auf dem Weg logischer Processe, weil sie eben schon Akte des bewussten Denkens sind. Es ist aber nicht der entfernteste Grund dazu anzunehmen, dass der erste Akt von den späteren in seiner Beschaffenheit durchaus verschieden gewesen sei. Vielmehr weist die Analogie der Akte des Bewusstwerdens unter sich wieder darauf hin, dass wir hier einen continuirlichen Process vor uns haben, dessen einzelne Glieder mit einander übereinstimmen. Ist aber der erste Akt des Bewusstwerdens, der noch ins unbewusste Leben fällt, schon ein Schlussprocess, so ist damit das Gesetz logischer Entwickelung auch für dieses unbewusste Leben nachgewiesen, es ist gezeigt, dass es nicht blos ein bewusstes, sondern auch ein unbewusstes Denken giebt.

Wir glauben hiermit vollständig dargelegt zu haben, dass die Annahme unbewusster logischer Processe nicht blos die Resultate der Wahrnehmungsvorgänge zu erklären im Stande ist, sondern dass dieselbe in der That auch die wirkliche Natur dieser Vorgänge richtig angiebt, obgleich die Vorgänge selber unserer unmittelbaren Beobachtung nicht zugänglich sind.

Gehen wir nun auf die Zergliederung der logischen Processe, welche die Wahrnehmung bilden, ein, so zeigt sich uns alsbald zwischen den verschiedensten dieser Processe eine grosse Uebereinstimmung, und diese Uebereinstimmung liegt darin begründet, dass jeder einzelne Wahrnehmungsvorgang zwar ein Akt für sich, aber doch wieder nur der Theil eines umfassenderen Aktes ist. Steigen wir in dieser Weise von den einzelnen Vorgängen hinauf zu den grösseren Ganzen, mit denen sie zusammenhängen, und von diesen wieder zu den umfassenderen Complexen, so stellen sich uns zuletzt alle einzelnen Wahrnehmungsprocesse als Ausläufer eines einheitlichen Ganzen, als Glieder eines einzigen grossen Processes dar, der das Einzelne als seinen Bestandtheil in sich enthält. Ueberblicken wir diesen einheitlichen Wahrnehmungsvorgang, so stellt sich uns derselbe im Ganzen betrachtet als ein grosser induktorischer Process dar, dessen einzelne Ausläufer diese Form im Kleinen wiederholen.

Bei allen Induktionen gehen wir aus von einer grösseren Zahl einzelner Erkenntnisselemente und gelangen durch deren Zusammenfassung zu einem mehr oder weniger allgemeinen Gesetze, das jene einzelnen Elemente in sich enthält, so dass, wenn dieses Gesetz uns zuerst gegeben wäre, jene Elemente von selbst und unabhängig von der Erfahrung daraus abgeleitet werden könnten. Diese Ableitung, die in Wirklichkeit natürlich immer nur stattfindet, nachdem das Induktionsgeschäft bereits vorangegangen ist, geschieht durch die Deduktion. Wie die Induktion aus dem Einzelnen das Allgemeine, so erschliesst die Deduktion aus dem Allgemeinen das Einzelne. — Ich habe das Material, das der Induktion zu Grunde liegt, nur im Allgemeinen als Erkenntnisselemente bezeichnet, weil diese Bezeichnung allein für alle Fälle passend erscheint. Denn die Induktion kann mit sehr mannigfachem Material beginnen: bald sind es Erfahrungsthatsachen verschiedener Art, bald einfachere auf dem Weg früherer Induktionen gefundene Gesetze, mit denen sie operirt. Bei dem induktorischen Process der Wahrnehmung beginnen wir vollends mit den ursprünglichsten Erkenntnisselementen, die es giebt, mit den einfachen Sinnesempfindungen. Die Wahrnehmung verhält sich zu den Empfindungen, aus denen sie aufgebaut ist, ganz ebenso wie das durch die Induktion gefundene Gesetz zu den Erfahrungsthatsachen, die das Gesetz umschliesst. Wir könnten darum mit Recht jede einzelne Wahrnehmung ein Naturgesetz nennen, und die umfassendere Wahrnehmung als ein allgemeineres Naturgesetz betrachten. So

ist z. B. die einzelne räumliche Wahrnehmung das Gesetz, welches uns über einen bestimmten Zusammenhang von Empfindungen Rechenschaft giebt, und der Raum überhaupt ist das allgemeine Gesetz, das jede einzelne räumliche Wahrnehmung in sich enthält. Es ist uns nur deshalb ungewohnt, in diesem Falle von Naturgesetzen zu reden, weil eben der induktorische Process der Wahrnehmung unbewusst geschieht und wir daher die Wahrnehmung selber schon als das einfachste Erkenntnisselement anzusehen gewohnt sind.

Unsern Induktionen kommt bekanntlich ein sehr verschiedener Grad von Gewissheit zu. Dieser Umstand verführt eine nicht tief genug gehende Zergliederung leicht, neben dem Grad der Gewissheit, der durch die Zahl der dem Gesetz subsumirten Thatsachen gegeben wird, noch eine andere Gewissheit anzunehmen, die a priori und unabhängig von der Erfahrung, blos durch das logische Denken gegeben werde. Es ist hier nicht der Ort, auf die innere Unhaltbarkeit dieser Voraussetzung einzugehen, die aus der Form glaubt einen Inhalt erzeugen zu können. Es genügt darauf hinzuweisen, dass die verschiedene Gewissheit unserer Induktionen sich vollständig begreifen lässt aus der mehr oder minder grossen Zahl von Thatsachen, die der Induktion zu Grunde liegen, wenn man dabei zugleich in Betracht zieht, dass fast immer eine grosse Reihe von Induktionen zusammentrifft, die sich entweder gegenseitig verstärken oder sich schwächen. Man kann daher jede Induktion, wie dies geschehen ist, eine Verallgemeinerung aus der Erfahrung nennen, aber man muss dabei im Auge behalten, dass die Erfahrung hierbei sich nie blos auf die eine Reihe von Thatsachen bezieht, mit der sich die Induktion unmittelbar beschäftigt, sondern immer auf die ganze Summe von Thatsachen, die überhaupt in der Erfahrung vorhanden ist. Wenn daher von Kant die Induktion als derjenige Schluss bezeichnet wird, bei dem wir von vielen Dingen auf alle einer Art schliessen, so ist diese Definition zu eng, insofern sie eben nur die Dinge einer Art umfasst, während doch den Induktionen ihre Hauptstütze dadurch erst zukommt, dass sie über die Reihe von Thatsachen, in welchen sie unmittelbar sich bewegen, hinausgehen, dass sie Dinge anderer Art mit berücksichtigen. Nach jener gebräuchlichen Definition würde einer reinen Aufzählung übereinstimmender Thatsachen (der mera palpatio, wie sie Baco genannt hat) oft ein höherer Grad von Gewissheit zukommen, als dem induktorisch gefundenen Naturgesetz, das sich vielleicht nur auf eine geringe Zahl von Beobachtungen stützt, während uns

doch ein richtig leitendes Gefühl alsbald das Gegentheil sagt. Dieses Gefühl des grösseren Zutrauens entspringt eben aus der Uebereinstimmung mit einer bedeutenden Zahl anderer Induktionen, die wir bereits vollzogen haben, von welcher Uebereinstimmung wir uns freilich meistens keine genügend klare bewusste Rechenschaft zu geben im Stande sind. Aus diesem Grunde wohl ist jenes Eingreifen verschiedener Reihen von Induktionsprocessen in einander meistens bei der Zergliederung des Induktionsverfahrens nicht genügend berücksichtigt oder wenigstens nicht scharf hervorgehoben worden; selbst Mill, der sonst im Einzelnen in das Wesen des induktorischen Verfahrens sehr tief eindringt, hat diesen Punkt auffallend vernachlässigt.*) Aus diesem Wechselverhältniss erklärt sich z. B. die hohe Sicherheit, die wir einer unserer allgemeinsten Induktionen, dem Causalgesetz, zugestehen. Das Causalgesetz entsteht eben aus dem Zusammenwirken aller, auch der verschiedensten Induktionen, die wir machen, und es giebt kaum eine Reihe genauer zergliederter Thatsachen, die nicht unter jenes allgemeinste Gesetz der Ursache und Wirkung sich subsumiren liesse.

Auch für die Wahrnehmungsprocesse ist das Eingreifen verschiedener Induktionen in einander von der höchsten Wichtigkeit. Eine einzelne oder eine kleine Zahl von Induktionen würde hier gar nicht möglich sein. Nur dadurch, dass die in gleicher Weise unzählige Mal sich wiederholenden Wahrnehmungen von andern Wahrnehmungen gestützt werden, erhalten die Resultate unseres Wahrnehmungsprocesses jene Sicherheit, ohne die derselbe keine Bedeutung hätte. So stützt sich jede einzelne räumliche Wahrnehmung auf alle gleichzeitigen und vorangegangenen räumlichen Wahrnehmungen, und die Raumanschauung überhaupt stützt sich wieder auf einfachere unräumliche Sinneswahrnehmungen. In dieser Beziehung ist der allgemeine Wahrnehmungsprocess den Induktionen der bindendsten Art an die Seite zu setzen: so lange auch dieser Process dauert und so oft er sich wiederholt, nicht eine einzige widersprechende Thatsache erhebt sich, alles passt in das einmal gefundene Gesetz und erhebt so dieses zu jener unangreifbaren Sicherheit, wie sie für das Fundament unseres ganzen Seelenlebens nothwendig ist.

Die allgemeine Bezeichnung des Wahrnehmungsprocesses als eines induktorischen ist zu unbestimmt, um den ganzen

---

*) J. St. Mill, System of logic ratiocinative and inductive. Lond. 1843. Deutsche Uebersetzung von Dr. J. Schiel. Braunschweig, 1849.

Verlauf desselben vollständig übersehen lassen zu können. Wir wenden uns daher jetzt zur genaueren logischen Zergliederung der einzelnen Wahrnehmungsakte.

Der erste Akt der Wahrnehmung besteht in der innigen Verknüpfung verschiedener Empfindungsreihen. Die Empfindung A ist von der Empfindung B so häufig und unabänderlich begleitet worden, dass wo einmal A für sich stattfindet, sie das Bild von B nothwendig wachruft. Wir wollen diese Verknüpfung verschiedener Empfindungsreihen, die auch über die Zahl Zwei sich hinauserstrecken kann, als Colligation der Empfindungen bezeichnen. Die Colligation verknüpft verschiedene Empfindungen bloss wegen der ungeheuern Häufigkeit, mit der sie in Wirklichkeit kombinirt sind, und es besteht ausser dieser äusserlichen Veranlassung kein innerer Grund, kein etwa in den Empfindungen selber gelegenes Moment, was jene Verknüpfung veranlasst. Die Colligation gehört daher zu den einfachsten Induktionsprozessen, zu jenen Induktionen, die blos durch die grosse Zahl entsprechender Thatsachen entstehen (inductiones per enumerationem simplicem nach Baco), derartige Induktionen bilden überall die Grundlage unserer Erkenntniss, und fast immer haben sie, wie bei der Wahrnehmung, die Form der Colligation*). Die Verbindung der Empfindungen ist nicht die einzige, sondern nur die erste Colligation unseres Erkenntnisprozesses. — Die Colligation ist noch lange keine Wahrnehmung: in ihr stehen die mit einander verknüpften Empfindungsreihen noch vollkommen unvermittelt neben einander, sie bildet dadurch erst die Vorbereitung zur eigentlichen Wahrnehmung. Die Colligation der Empfindungen stützt sich auf den physischen Mechanismus der Reflexe. Die korrespondirenden Empfindungen, die mit einander verknüpft werden, sind zunächst objektive Sinnesempfindungen einerseits und Muskelempfindungen andererseits. Die gesetzmässige Verknüpfung der Reflexe mit den Sinnesreizen bedingt die entsprechende Verknüpfung jener beiden Empfindungsreihen.

---

*) Daher kann das Wort Colligation nicht blos in Bezug auf die Verknüpfung von Empfindungen, sondern überhaupt in Bezug auf die Verknüpfung beliebiger Erkenntnisselemente gebraucht werden, und so ist es in der That von Whewell, der diese Bezeichnung eingeführt hat, für die Verbindung von Beobachtungsthatsachen angewandt worden. Whewell hat aber seiner colligation of facts eine Ausdehnung gegeben, die weit über das Gebiet der eigentlichen Colligation hinausgeht, indem er fast das ganze Induktionsverfahren in die Colligation hereinzieht. (Whewell, Philosophy of the inductive sciences, vol. II, p. 36. New edit. London, 1847.)

Der zweite Akt der Wahrnehmung besteht in der Verschmelzung der durch die Colligation gegebenen Verbindungen zu einem einheitlichen Ganzen. Es lässt sich dieser Akt, dem Sprachgebrauche der Logik gemäss, als eine Synthese bezeichnen; auch das deutsche Wort der Verschmelzung charakterisirt ihn der Colligation als einer blossen Verbindung oder Verknüpfung gegenüber. Die durch die Colligation gelieferte Verbindung ist eine rein äusserliche, bei der die verknüpften Empfindungen als Einzelempfindungen erhalten bleiben. Aber indem die Synthese diese durch den Vorbereitungsprozess der Colligation innig verknüpften Empfindungen zur Verschmelzung bringt, erzeugt sie ein Drittes, was in den Einzelempfindungen als solchen noch nicht enthalten war. Die Synthese ist daher das eigentlich Konstruktive bei der Wahrnehmung, sie bringt erst aus den ursprünglich beziehungslos dastehenden Empfindungen etwas Neues hervor, das zwar die Empfindungen in sich enthält, aber doch etwas ganz von den Empfindungen Verschiedenes ist. — Die Synthese kann sich nicht unmittelbar aus der Colligation entwickeln, die durch diese gegebenen Verbindungen können erst durch einen Anstoss, der ausser ihnen gelegen ist, zur wahren Verschmelzung kommen. Die Synthese wird immer durch etwas Neues in Bewegung gesetzt, was in den kolligirten Empfindungen nicht enthalten ist; dieses neu hinzutretende Moment, welches das Produkt der Synthese, die Wahrnehmung, erst möglich macht, hängt immer von dem einzelnen Fall ab, um den es sich handelt. Es ist im Vergleich mit der festen Verknüpfung der kolligirten Empfindungen stets ein mehr zufälliger Anstoss, dessen Beschaffenheit und Eintritt meistens veränderlich ist.

Wir wollen beispielsweise eine räumliche Gesichtswahrnehmung zergliedern. Es seien zwei leuchtende Punkte in bestimmter Entfernung gegeben, sie erregen zwei distinkte Netzhautempfindungen, die mit einer bestimmten Muskelempfindung, welche der Entfernung der leuchtenden Punkte entspricht, kombinirt werden. Aendert sich die Lage der Bilder auf der Netzhaut, so ändert sich damit entsprechend die Muskelempfindung: es bildet sich so auf die früher näher erörterte Weise eine innige Verknüpfung aus zwischen ganzen Reihen von Netzhaut- und Muskelempfindungen. Die Verknüpfung, welche die Empfindungen noch unvermittelt enthält, ist die Colligation. Nun aber tritt ein zufälliges äusseres Ereigniss hinzu: die zwei leuchtenden Punkte ändern, während sie von der Netzhaut aufgefasst werden, ihre objektive Lage bei ruhendem Auge. Dem entspricht eine Aenderung der Netz-

hautempfindungen, ohne dass dies Mal mit dieser sich eine Muskelempfindung verbindet. Auf diese Weise werden die zwei distinkten Netzhautempfindungen für sich aufgefasst und doch zugleich mit der ihnen korrespondirenden Muskelempfindung verglichen, der durch die Colligation hergestellte Zusammenhang mit den Muskelempfindungen wird gelösst, indem die durch die Lageverschiedenheit der Bildpunkte bedingte Differenz der Netzhautempfindungen für sich aufgefasst wird, und doch wird zugleich die Lageverschiedenheit durch die Grade der korrespondirenden Muskelempfindungen gemessen. Hier beginnt die Wirksamkeit der Synthese. Indem sie die Netzhautempfindungen isolirt, aber zugleich mit dem von dem Muskelsinn entlehnten Maasse misst, bildet sie die Wahrnehmung zu der Form aus, zu der in den Empfindungseindrücken der drängende Impuls gelegen ist, zu der räumlichen Form. So ist die Synthese in der Wahrnehmung eine schöpferische Thätigkeit, indem sie den Raum konstruirt, aber diese schöpferische Thätigkeit ist keineswegs eine freie, sondern die Empfindungseindrücke und die bei der Synthese mitwirkenden äusseren Anstösse zwingen mit Nothwendigkeit, dass der Raum in voller Treue rekonstruirt werde. Die räumliche Form ist die einzige, die aus der logischen Verarbeitung der gegebenen Erkenntnisselemente hervorgehen kann, und die räumliche Form ist daher das nothwendige Produkt dieser Verarbeitung.

Als dritter logischer Akt des Wahrnehmungsprozesses ist die Analogie zu bezeichnen. Sie ist der unwesentlichste Akt, denn erstere Wahrnehmungen müssen bereits durch die Synthese konstruirt sein, bevor der Analogieschluss wirksam sich anreihen kann. Die Analogie für sich würde keine Wahrnehmung zu Stande bringen können, weil sie sich immer den schon vorhandenen Erfahrungen anschliesst und daher nur den Inhalt eines schon gebildeten Schemas zu vervollständigen, nie aber etwas Neues zu erzeugen vermag. Dagegen ist die Analogie ein in hohem Grade unterstützendes Moment, sobald einmal die ersten Wahrnehmungen gebildet sind, sobald einmal eine Summe von Erfahrungen vorhanden ist, von der sich ausgehen lässt. Die Analogie schliesst aus der einen Wahrnehmung auf die andere, sie schliesst, wenn in einem zweiten Fall einige Bedingungen einem ersten Fall analog gefunden werden, auf die analoge Beschaffenheit aller Bedingungen. Durch die Analogie wird es daher erst möglich, dass nicht bei jeder einzelnen Wahrnehmung die ganze Reihe von Prozessen sich zu wiederholen braucht, welche die ersten Wahr-

nehmungen zu Stande brachte, sondern dass nur einzelne Elemente derselben gegeben sein müssen. So ist es z. B. eine durch Synthese aus den Netzhautempfindungen und Bewegungsempfindungen, vielleicht unter Mitwirkung des Tastsinnes, erzeugte Wahrnehmung, dass die Eindrücke, die auf die obere Hälfte der Netzhaut einwirken, von Objekten herrühren, welche im äussern Raum nach unten gelegen sind, umgekehrt die Eindrücke, die auf die untere Hälfte der Netzhaut einwirken von Objekten, welche im äussern Raum nach oben gelegen sind. Nun braucht sich aber die ganze Reihe von Vorgängen, die zur ersten Synthese nothwendig war, nicht mehr bei jeder folgenden Wahrnehmung zu wiederholen, sondern, sobald überhaupt auf die Netzhaut ein Eindruck stattfindet, werden alle übrigen Momente aus der vorangegangenen Synthese ergänzt, und es wird unmittelbar, blos nach den Netzhautempfindungen, den Objekten ihre Stelle im äussern Raum angewiesen. — In ähnlicher Weise greift die Analogie in alle Wahrnehmungen herein, sie bedingt so im Allgemeinen, dass die einfachen Sinnesempfindungen, ohne Beihülfe der ursprünglich mit ihnen verknüpften fremden Empfindungsreihen, zur Vollendung der Einzelwahrnehmungen genügen. Hierin liegt der Grund, warum wir so leicht geneigt sind, die bei der ursprünglichen Synthese wirksamen sekundären Momente ganz zu übersehen, und die Empfindungen sogleich mit den Wahrnehmungen zu identifiziren. Im ausgebildeten Menschen entstehen allerdings die Wahrnehmungen meistens unmittelbar aus den Empfindungen, aber nur vermöge der Analogie, die uns früher vorhanden gewesene und benützte Erkenntnisselemente fortan in Rechnung zu ziehen gestattet. Man sieht leicht ein, wie wichtig demgemäss, trotz ihrer untergeordneten Bedeutung beim ersten Aufbau der Wahrnehmungen, die Analogie für den Wahrnehmungsprozess überhaupt ist. Ohne sie würde das ganze Wahrnehmungsgeschäft ein so äusserst schwerfälliges sein, dass es wohl zu bezweifeln gestattet ist, ob, wenn ihre unterstützende Thätigkeit fehlte, jemals unsere Wahrnehmungen zu der Ausbildung gelangen könnten, die sie in Wirklichkeit erreichen.

5. Empfindung, Wahrnehmung, Vorstellung.

Empfindung, Wahrnehmung und Vorstellung werden häufig nicht mit genügender wissenschaftlicher Schärfe von einander unterschieden. Früher pflegte man alle drei Akte zu konfundiren, und noch jetzt werden die Ausdrücke Wahrnehmung

und Vorstellung häufig in gleichem Sinne gebraucht. Aber wenn auch zuzugeben ist, dass in der Wirklichkeit Wahrnehmung und Vorstellung fast ohne Grenze in einander übergehen, so ist damit doch noch nicht gesagt, dass nicht wissenschaftlich beide scharf von einander geschieden werden können.

Wir haben die Empfindung definirt als den ersten Seelenakt, der durch unmittelbare Umsetzung des physischen Nervenprozesses auf noch unbekannte Weise entsteht, und der als der elementarste Vorgang psychischer Art sich nicht näher zergliedern lässt. Wir haben dann ausführlicher gezeigt, wie aus der Empfindung sich die Wahrnehmung hervorbildet auf dem Wege logischer Prozesse, die sich in der Unbewusstheit vollziehen. Wir können jetzt weiterhin die Vorstellung kurz als die Erhebung der Wahrnehmung ins Bewusstsein bezeichnen. Man sieht hieraus sogleich, dass es bei der Abgrenzung von Wahrnehmung und Vorstellung vor Allem auf eine nähere Bestimmung des Bewusstseins ankommt.

Es ist kaum möglich, das bewusste Seelenleben von der Unbewusstheit in allen Fällen mit Sicherheit zu unterscheiden, Der Grund für diese schwere Abgrenzung des Bewussten vom Unbewussten liegt in der sehr verschiedenen Klarheit, die dem Inhalt des Bewusstseins zukommen kann. Wir haben an unsern Vorstellungen die mannigfachsten Abstufungen der Klarhsit, und erst wo diese Klarheit sehr gross geworden ist, unterscheiden wir zugleich unsere Vorstellungen mit Deutlichkeit als bewusste; von Allem aber was im Bewusstsein mit minderer Klarheit geschieht, sind wir unsicher, ob es wirklich bewusst ist, weil wir ebenso gut völlig unbewusste wie bewusste aber unklare Vorstellungen in die Klarheit des Bewusstseins zu rufen vermögen. Man hat aus diesem Grunde vielfach den Gegensatz des bewussten und unbewussten Seelenlebens überhaupt vollkommen geleugnet, man hat gesucht den Unterschied der sinnlichen Empfindung und der bewussten Vorstellung völlig zu verwischen, indem man ihn als einen gradweisen darstellte. Diese Konfundirung der sinnlichen und und bewussten Seelenakte ist ebenso von materialistischer wie von idealistischer Seite aus geschehen. Den materialistischen Schulen war das Bewusstsein nur eine potenzirte Empfindung, und den Idealisten galt die Empfindung als der erste und einfachste Akt des Bewusstseins; beiden aber war das Bewusstsein ein von vornherein Gegebenes, was gar keine Entwicklung seelischer Prozesse voraussetzte, es war gewissermaassen die Form, unter der ihnen alles seelische Geschehen

von seinen ersten Anfängen an bis zu den höchsten Stufen der Ausbildung sich darstellte. Eine solche Ansicht steht im Widerspruch mit der Erfahrung, welche nachweist, dass das Bewusstsein noch eine Menge niederer seelischer Prozesse voraussetzt, aus denen es sich erst allmälig hervorzubilden vermag. Diese niederen seelischen Prozesse, aus denen das Bewusstsein entsteht, sind die Empfindung und Wahrnehmung.

Das Bewusstsein besteht darin, dass wir unser Ich zu trennen vermögen von der Aussenwelt, und dass wir jedem Objekt die Stelle anweisen, die es in Bezug auf unser Ich einnimmt. Dies ist die einzige klare und durchführbare Definition, die wir zu geben im Stande sind. Es ist aber in dieser Definition schon gelegen, dass das Bewusstsein nach zwei Richtungen hin sich theilt, in das subjektive Bewusstsein, welches das Ich trennt von den Objekten, und in das objektive Bewusstsein, welches jedem Objekt seine Stelle anweist. Mit der ersten Dämmerung des Bewusstseins sind auch diese zwei Theilungen desselben mit Nothwendigkeit gegeben, und es ist durchaus unlogisch, wenn man annimmt, dass beide erst von einer gemeinsamen Einheit, einem allgemeineren oder Weltbewusstsein, aus sich spalten. Ein solches Weltbewusstsein giebt es nicht, da der Begriff des Bewusstseins bereits die Trennung eines objektiven und subjektiven Momentes voraussetzt.

Das subjektive oder Selbstbewusstsein beruht darauf, dass wir vermöge unserer Organisation uns selber zu trennen vermögen von der uns umgebenden Aussenwelt. Der letzte Grund dieser Trennung ist gelegen in unserer Bewegungsfähigkeit. Indem wir an den Objekten uns hinbewegen, beginnen wir uns mit der Gesammtheit unseres Leibes als das Bewegte den ruhenden Objekten gegenüberzusetzen. Jenes unser Ich, mit Allem was dazu gehört, ist das unter dem Wechsel der Eindrücke konstant Bleibende, überall wo wir empfinden und wahrnehmen ist unser Leib, während das Empfundene und Wahrgenommene selber wechselt, indem wir uns bewegen. So unterscheiden wir unser Ich, das wir, weil wir es innig daran gebunden sehen, mit unserer ganzen leiblichen Organisation identisch setzen, als ein Bewegliches von der in Ruhe verharrenden Aussenwelt. Indem wir aber weiter sehen, dass ganze Theile von unserm leiblichen Organismus getrennt werden können, ohne dass deshalb jene Trennung des Subjektes von der Aussenwelt aufhört, lernen wir auch mehr und mehr die Vorstellung unseres Ich von dem Ganzen auf einzelne wesentliche Theile beschränken, und

es liegt nahe, dass wir, bei dieser Erkenntniss, dass ganze Theile für unser Ich unwesentlich sind, überhaupt allmälig die Vorstellung des Ich von der leiblichen Organisation frei machen und es auf ein rein innerliches Leben des Geistes beziehen. Diese Ansicht ist aber unrichtig, wenn wir damit die vollständige Unabhängigkeit des Selbstbewusstseins von der leiblichen Organisation aussprechen wollen: es sind allerdings die verschiedenen Theile der letzteren für das Selbstbewusstsein von verschiedenem Werthe, absolut werthlos ist aber kaum eines, denn jedes unserer bewegungsfähigen Glieder, jede unserer empfindenden Körperstellen spielt bei seiner Entwicklung eine Rolle, wir sehen die Bildung des Selbstbewusstseins nothwendig gebunden an die Prozesse der Wahrnehmung und an unsere eigene Bewegung, diese Vorgänge sind aber unmittelbar geknüpft an unsere leibliche Organisation. Wenn wir so für die Entwicklung des Selbstbewusstseins jedem unserer Körpertheile einen gewissen Werth zugestehen müssen, so sehen wir selbst für den Fortbestand desselben die Integrität einer gewissen Summe von Organen als nothwendige Bedingung gegeben. Jene Ansicht, welche die gesammte Körperlichkeit als werthlos für das Selbstbewusstsein ansieht, hat daher in der Erfahrung keine Stütze, sie ist eine Induktion, die über die Thatsachen der Erfahrung hinaus verallgemeinert, und die daher falsch ist.

Das objektive Bewusstsein fasst die Aussenwelt auf in der Gliederung ihrer einzelnen Objekte und in der Beziehung dieser Objekte zum Ich. Das objektive Bewusstsein entwickelt sich daher mit und an dem Selbstbewusstsein. Indem wir die Theile unseres eigenen Leibes gegen einander bewegen, lernen wir dieselben in ihrer Gliederung auffassen. Indem wir uns an den Objekten hinbewegen, lernen wir die einzelnen Gegenstände von einander trennen, wir umgrenzen durch die Wahrnehmung die einzelnen Objekte und scheiden sie so als Ganze ab von ihrer Umgebung. Nachdem wir auf diese Weise ein Ganzes herausgenommen haben, zerlegen wir dasselbe immer weiter in seine einzelnen Theile. — Dieser Gang der Vorstellungsthätigkeit vom Allgemeinen auf das Einzelne lässt sich leicht an dem sich entwickelnden und selbst noch am ausgebildeten Menschen verfolgen. Unsere primitiven Vorstellungen sind immer äussert rohe Schemata der Gegenstände, erst allmälig lernt der Sinn in das Einzelne eindringen und vervollständigt dadurch die Vorstellung. Das Kind unterscheidet anfänglich nur die dürftigen Umrisse der Gegenstände, erst allmälig fasst es auch die feineren Konturen anf, und erst

ziemlich spät lernt es auf die Farben achten. Ja unsere eigenen Vorstellungen über viele Dinge sind noch äusserst unvollkommen, weil wir uns mit dem einmal vorhandenen Schema begnügen: manchen Menschen sieht ein Baum wie der andere aus, und der Botaniker erkennt auf den ersten Blick Unterschiede, die auch dem sonst geübten Auge gänzlich entgehen.

Untersuchen wir die Vorgänge, aus deren Ablauf allmälig die Bildung des Bewusstseins hervorgeht, so sehen wir dieselben logischen Prozesse gegeben, die der Bildung der Wahrnehmung zum Grunde liegen. Die Prozesse, die zur Bildung des subjektiven und objektiven Bewusstseins führen, ergaben sich als die analogen Schlussprozesse. Da aber erst aus dem Endresultat dieser Schlüsse sich das Bewusstsein ergiebt, so können dieselben ebenfalls keine bewussten Schlüsse sein, sie müssen, ebenso wie der Wahrnehmungsprozess, noch in der unbewussten Seele vor sich gehen. Da aber die Bewusstseinsbildung erst ins bewusste Leben übersetzt die Form des Schlusses annimmt, so ist sie von einer Wahrnehmung nicht verschieden; sie ist der letzte und höchste Wahrnehmungsakt, der die Scheidegrenze bildet zwischen dem unbewussten Wahrnehmungsleben und dem bewussten Vorstellungsleben.

Nachdem einmal die Anfänge des Bewusstseins sich gebildet haben, kann jeder der im Umbewussten sich vollziehenden sinnlichen Seelenakte ins Bewusstsein gelangen: Empfindungen und Wahrnehmungen können bewusst werden. Aber damit, dass sie bewusst werden, werden sie auch alsbald, dem Wesen des Bewusstseins entsprechend, bezogen entweder auf einen Zustand unseres Selbst oder auf die Beschaffenheit eines Objektes, und damit erheben sie sich sogleich zur Vorstellung. Auf diese Weise bildet sich die Vorstellung heraus aus der Sinneswahrnehmung, sie ist nichts weiter als eine bewusste Wahrnehmung, als solche aber kann sie sich nicht mehr wie die unbewusste Wahrnehmung darauf beschränken, die Einzeleindrücke in ihrem gegenseitigen Verhältnisse aufzufassen, sondern sie stellt alsbald erstens vermöge des Selbstbewusstseins das Verhältniss derselben zu dem Ich fest und fasst zweitens durch das objektive Bewusstsein die Einzelwahrnehmungen getrennt von einander auf. Indem die Trennung des subjektiven und objektiven Bewusstseins geschieht, scheiden wir zugleich die Wahrnehmungen, die unsern eigenen Leib betreffen, von den Wahrnehmungen äusserer Gegenstände und gelangen dadurch zu der Vorstellung unseres Ich gegenüber der Vorstellung einer Aussenwelt. Beide Vorstellungen

werden dann in Folge vielfach wiederholter und verschiedener Wahrnehmungen ins Einzelne zergliedert, und so bildet sich allmälig erst der Reichthum von Einzelvorstellungen aus, den wir in unserm ausgebildeten Bewusstsein vorräthig finden.

Wir glauben in der obigen Definition und ihrer nähern Begründung eine hinreichend scharfe Scheidung des Begriffs der Wahrnehmung und der Vorstellung gegeben zu haben. Sobald man zugiebt, dass Unbewusstheit und Bewusstsein von einander zu trennen sind, so giebt man damit auch zu, dass es eine eben solche Grenze zwischen Wahrnehmung und Vorstellung giebt, und es muss dann die Bestimmung beider die Form annehmen, die wir oben in den allgemeinsten Umrissen gezeichnet haben. Aber es ergiebt sich aus unsern Betrachtungen noch eine weitere Folgerung, die für das Studium des gesammten Seelenlebens von der höchsten Bedeutung ist, und auf die wir nur mit einem kurzen Wort noch hinweisen können.

Die experimentelle Untersuchung der Sinneswahrnehmung und Vorstellung ergiebt ein Resultat, das unmittelbar auch auf die höheren Sphären der Geistesthätigkeit sich anwenden lässt. So vielfältig und verschieden die Erscheinungen sind, durch welche das Seelenleben des Menschen sich äussert, so ist es doch eine grosse und konstante Gesetzmässigkeit, welche diese mannigfaltigen Aeusserungen, von der einfachen Empfindung an bis zu der Bildung der abstrakten und ethischen Begriffe verbindet. Wie wir den physischen Organismus trotz der unendlichen Vielheit seiner Erscheinungen als ein einheitliches Ganze auffassen müssen, das in der Geschichte der Zellenentwicklung seinen Ausdruck findet, so tritt uns die ganze Summe der Seelenäusserungen als nichts weiter entgegen, denn als eine fortgesetzte einfachere oder verwickeltere Anwendung einer kleinen Zahl von Grundgesetzen, die unveränderlich an einander gekettet sind, so dass das Eine mit dem Anderen nothwendig gegeben ist. Diese elementaren Gesetze, die dem ganzen Seelenleben als Basis dienen, sind die Grundgesetze der Logik. Sie gestalten, in der Unbewusstheit sich vollziehend, aus in gesetzmässiger Folge auftretenden Empfindungen die Wahrnehmung, sie entwickeln aus einer Reihe von Wahrnehmungen das Bewusstsein, sie beherrschen die Welt der Vorstellungen, sie bilden aus den Vorstellungen Begriffe und bauen endlich aus Begriffen Gedanken und Systeme auf.

Die Nachweisung der fortgesetzten Anwendung der logischen Gesetze im Verlaufe des Seelenlebens wird die Aufgabe

einer künftigen Psychologie sein. Mit dieser Nachweisung wird erst eine Einheit für die psychologischen Untersuchungen gewonnen sein, welche dieselben bisher nicht besessen haben. Wie für das körperliche Leben die Zelle mit ihren Grundfunktionen die Einheit ist, von welcher die Betrachtung auszugehen hat, so ist diese Einheit für die Betrachtung des Seelenlebens in den Gesetzen der logischen Entwicklung längst schon gefunden, aber noch niemals mit Consequenz angewandt. Die Psychologie wird vorerst von allen metaphysischen Hypothesen über das Wesen der Seele abzusehen haben, die weder beweisbar sind, noch jemals die Untersuchung wirklich gefördert haben, die Psychologie ist in der glücklichen Lage, nicht eine Hypothese, sondern eine Erfahrungsthatsache an die Spitze ihrer Untersuchungen stellen zu können, und diese Erfahrungsthatsache ist die Seele als ein aus sich selber heraus nach logischen Gesetzen handelndes und sich entwickelndes Wesen.

Ueber die Bowman'schen Kapseln und die Harnkanälchen in der Rindensubstanz der Niere.

Von

A. Meyerstein, Stud. med. in Göttingen.

Moleschott veröffentlicht in den von ihm herausgegebenen „Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere“ (Band VIII. Heft 2. pag. 213) einen Aufsatz „ein histochemischer und histologischer Beitrag zur Kenntniss der Nieren“, in dem er die Entdeckung mittheilt, dass in der Niere des Menschen zweikanälige Kapseln — Glomeruli, von denen zwei Harnkanälchen entspringen — viel häufiger seien, als einkanälige, dass dagegen in der Froschniere nur einkanälige Kapseln vorkämen. Zu diesen Resultaten war Moleschott dadurch gelangt, dass er die Niere durch Auflösung des Stroma oder Gewebskittes, der die Kanälchen oder Gefässe zusammenhält, zerlegte.

Von Herrn Prof. Henle aufgefordert, die Richtigkeit dieser Angabe zu prüfen, verfuhr ich zunächst nach der von Moleschott angegebenen Methode. Ich liess Froschnieren und Stückchen von der Rindensubstanz anderer Nieren etwa drei Wochen in der starken Moleschott'schen Essigsäuremischung, die aus 1 Vol. starker Essigsäure von 1,07 specifischen Gewicht, 1 Vol. Alkohol von 0,815 specif. Gewicht und 2 Vol. destillirtem Wasser besteht, liegen (die Maceration mit der Essigsäuremischung ein Jahr oder mehrere fortzusetzen, wie Moleschott empfiehlt, schien mir überflüssig), brachte sie dann in 35 proc. Kalilauge, in welcher ich sie $^1/_2$ — 1 Stunde verweilen liess, bis sie völlig zerfallen waren, und bekam, wenn ich auf dem Objectglase noch einige Tropfen Kalilauge hinzusetzte, ziemlich gute und deutliche Bilder.

Noch bessere Erfolge lieferte die Methode, welche Aeby zur Zerfaserung der Muskeln und Henle zur Zerlegung der Niere angewandt hat. Ich verdünnte concentrirte Salzsäure so lange mit Wasser, bis sie eben nicht mehr rauchte, und liess hierin Stückchen der Niere ungefähr 5 bis 6 Stunden liegen; dann nahm ich sie sorgfältig heraus und spülte sie so lange mit Wasser ab, bis keine Spur der Säure mehr zurückgeblieben war, oder ich neutralisirte auch die Flüssigkeit, da gerade die verdünnte Salzsäure die Elemente sehr angreift und eine so zerfaserte Niere rasch gänzlich zerfallen macht. Drittens versuchte ich das von Kühne in seiner Schrift „über die peripherischen Enden der Nerven in den Muskeln“ empfohlene Verfahren: danach lässt man das Organ in einer Mischung von 1 Ltr. destillirten Wassers und 0,1 Gr. Schwefelsäure von 1,83 specif. Gewicht 24 Stunden liegen, nimmt es dann heraus und wäscht es in einem Probirrohre so lange mit destillirtem Wasser ab, bis jede Spur der Säure entfernt ist; man legt es darauf in ein grösseres Gefäss mit destillirtem Wasser und erwärmt es 24 Stunden lang bei einer Temperatur von 35—40^{0} C. Hierauf schüttet man das Präparat in ein Gläschen. Die Niere zerfällt auf diese Weise leicht in einzelne Kanälchen, doch brechen diese leichter in Stücke, als bei Anwendung der beiden andern Methoden. Ich habe verschiedentlich Stücke derselben Niere nach allen drei Methoden behandelt, aber immer gefunden, dass die Maceration durch Salzsäure am schnellsten zum Ziele führt und die mindest gebrechlichen Präparate liefert und so habe ich mich dieser Methode auch bei den meisten meiner Untersuchungen bedient. Will man die Theile möglichst in Zusammenhang erhalten, so kann man feine, mit dem Doppelmesser gemachte Durchschnitte auf dem Objectglase selbst etwa drei Stunden mit concentrirter Salzsäure in Berührung lassen; indem man dann während der Beobachtung durch das Mikroskop den Schnitt mit dem Deckglase zerdrückt, ist es leicht, natürliche Trennungen und Zerreissungen von einander zu unterscheiden.

Ich verwandte zur Untersuchung die Nieren vom Frosch, sodann vom Kalb, Schwein, Schaaf, Hund, Katze, Kaninchen und Menschen, also fast von allen mir zugänglichen Thieren, und machte die Untersuchungen dergestalt, dass ich mit schwachen Vergrösserungen eines Schieck'schen Mikroskops die Präparate durchmusterte, und auf die passenden Stellen eine stärkere Vergrösserung (von 300 Mal) anwandte.

Es ist mir nun bei allen den langen und vielfachen Untersuchungen niemals gelungen, eine zweikanälige Kapsel zu sehen

und nie habe ich Bilder gesehen, wie sie Moleschott in der erwähnten Schrift abgebildet. Solche einfach negative Resultate zu veröffentlichen würde ich Bedenken tragen, wenn ich nicht die Untersuchung an so vielen Objecten und mit allen Vorsichtsmassregeln ausgeführt hätte, und wenn ich nicht bei zweifelhaften Stellen durch den gütigen Rath des Herrn Prof. Henle unterstützt worden wäre. Ich fürchte auch den Einwurf nicht, dass meine Behandlung die zweikanäligen Kapseln in einkanälige verwandelt habe. Allerdings erscheinen sowohl bei der Behandlung mit Salzsäure, als mit Essigsäuremischung und 35 proc. Kalilauge, als mit verdünnter Schwefelsäure, immer viele Glomeruli, ohne jede Verbindung mit Harnkanälchen oder Gefässen; aber wenn sich die Glomeruli häufig ganz aus ihren Kapseln lösen, so wäre es doch wunderbar, dass in allen Fällen, wo sie sich nicht lösen, gerade der eine Fortsatz der Kapsel zerreissen und zwar genau an der Kapsel abreissen müsste, ohne eine Spur zu hinterlassen. Ich habe ausserdem öfter einen Glomerulus in einer solchen Lage, nämlich am Rande eines grösseren Haufens von Harnkanälchen und auf der freien Seite im Zusammenhang mit der Kapsel gesehen, dass, wenn ein Kanälchen hätte abreissen wollen, dies jedenfalls das nach aussen stehende hätte sein müssen.

Die Quellen des Irrthums, in welchen Moleschott verfallen ist, zu errathen, ist nicht leicht. Die Annahme, dass er etwa die zuführende Arterie für ein zweites, dem eigentlichen Harnkanälchen gegenüber entspringendes Kanälchen gehalten haben möchte, wird durch seine Abbildungen widerlegt. Ich kann nur sagen, dass sich mir an Nieren von Thieren und Menschen öfters Bilder darboten, in denen man bei oberflächlicher Betrachtung von einer Kapsel theils diametral einander gegenüber, theils einander näher zwei Harnkanälchen entspringen zu sehen hätte glauben können; allein eine genauere, sorgfältigere Untersuchung erwies jedesmal die Unrichtigkeit dieses Urtheils. Es war zu dem Ende nöthig, die Elemente durch vorsichtigen Zusatz von Flüssigkeit in leise Bewegung zu versetzen. Dies konnte bei den Salzsäurepräparaten durch Wasser geschehen; bei den mit 35 proc. Kalilauge behandelten aber liess ich, da Wasser auf der Stelle Alles auflöst, Kalilauge unter das Deckglas laufen, und sah dann jedesmal, wie von den beiden anscheinend zu dem Glomerulus gehörigen Harnkanälchen das eine fortgeschwemmt wurde, während das andere auch bei einer kräftigern Bewegung des Deckglases ziemlich lange mit der Kapsel in Zusammenhang blieb.

Sehr oft erhält man bei der Zerlegung der Niere durch Salzsäure die Kapsel des Glomerulus in Verbindung mit den ein- und austretenden Gefässen. Ein hübsches Bild der Art gewann ich aus der Niere einer Katze, deren Harnkanälchen, wie dies nicht selten der Fall ist, mit Fetttröpfchen dicht erfüllt waren. Dadurch waren die Harnkanälchen bei auffallendem Lichte weiss, der Glomerulus aber und die Gefässe sahen gelblich aus und stachen dadurch scharf von den Kanälchen ab.

Was endlich Moleschott's Bemerkungen über die Form der Glomeruli und Kapseln betrifft, so kann ich auch hier die von ihm gezogene Grenze nicht anerkennen. Es kommen bei allen Thieren und beim Menschen eiförmige und kuglige Kapseln nebeneinander vor. Die häufigste Form ist ohne Zweifel die quer-eiförmige.

Bemerkungen über einige histologische Controversen.

Von

W. Krause.

I. Die Nervenendigung in der Conjunctiva.

Im letzten Hefte des Archivs für pathologische Anatomie (Bd. XXIV. p. 250.) ist von J. Arnold über die Nervenendigungen in der Conjunctiva bulbi die Angabe gemacht, dass dieselben bei dem Menschen, sowie bei Säugethieren (Rind, Schwein, Hund) in Form eines Netzes von blassen Fasern endigen. An verschiedenen Orten ist bereits von Anderen, sowie von mir auf die Täuschungen aufmerksam gemacht, die so oft schon zu der Annahme von Endschlingen blasser Nervenfasern Veranlassung gegeben haben. Es ist daher hier nur hervorzuheben, dass die Verfolgung irgend welcher Ausläufer von blassen Fasernetzen bis zu einem benachbarten Nervenstämmchen, wie sie a. a. O. Taf. IV. Fig. 2. dargestellt ist, nicht das Geringste für die nervöse Natur derselben beweist, was Jedem mit derartigen Untersuchungen Vertrauten hinlänglich bekannt ist. Die Nervenstämmchen enthalten Blutgefässe, vielleicht auch Lymphgefässe, sie haben eine mehr oder minder starke Bindegewebshülle; verfolgt man nun auch irgend eine feine elastische Faser oder ein durch die Darstellungsmethode unkenntlich gewordenes Capillargefäss bis an das Nervenstämmchen, so kann man daraus begreiflicher Weise den angeführten Schluss nicht machen. Dabei ist noch davon abstrahirt, dass scheinbar seitlich von einem Nervenstämmchen abbiegende Fasern in ihrer Fortsetzung über oder unter dem letzteren sich wegen der Undurchsichtigkeit desselben leicht dem Auge entziehen können. Aus diesen Gründen

würde auf die Natur irgend welcher blassen Fasernetze als Nervenendigungen nur dann ein Schluss zu ziehen sein, wenn es gelungen wäre, einzelne Nervenstämmchen in ein solches Fasernetz sich auflösen zu sehen, d. h. den Uebergang sämmtlicher doppeltcontourirter Fasern des Stämmchens in das etwaige Netz zu verfolgen. Diese Anforderung hat weder Arnold noch einer der früheren Beobachter von angeblichen Endnetzen sensibler Nervenfasern erfüllt.

Dagegen lässt sich in der Conjunctiva bulbi unter günstigen Verhältnissen der Uebergang eines jeden Astes der noch so mannigfaltig sich theilenden, doppeltcontourirten Nervenfasern in besondere Terminalkörperchen — Endkolben — darthun.

Arnold beobachtete in einem Falle (p. 261) eine Menge von Endkolben in der Conjunctiva bulbi des Menschen, bei Zusatz von verdünnter Essigsäure, welche die vollständigste Uebereinstimmung mit den von mir beschriebenen Endkolben zeigten. Wenn die letztere Angabe richtig ist, woran zu zweifeln kein Grund vorzuliegen scheint, so würde darin eine sehr erfreuliche Bestätigung meiner Angaben zu erblicken sein. Da in einigen früheren Versuchen die Auffindung nicht gelungen war, so ist die Vermuthung wohl gerechtfertigt, dass in dem letzten Falle es sich um eine relativ frische oder doch genügend conservirte Leiche gehandelt habe, weil die beginnende Fäulniss die Aufsuchung und Erkennung der Endkolben zwar nicht unmöglich macht, aber doch grosse Uebung voraussetzt, wenn dieselbe gelingen soll.

Später nun kam der Verfasser des oben citirten Aufsatzes zu einer anderen Ansicht, die sich kurz folgendermassen zusammenfassen lässt: „die sogenannten Endkolben sind Artefacta, bedingt durch Aufrollung der abgerissenen Nervenfasern, Austritt von Nervenmark (Myelin), entstanden durch eine unzweckmässige Präparationsmethode und die Anwendung zu intensiver Reagentien (p. 268). — Krause's gewöhnliches Verfahren bei Aufsuchung der Kolben besteht darin, dass er genau zwei Linien vom Cornealrande entfernt um die ganze Peripherie des Bulbus einen kreisförmigen Schnitt führt, das Auge drei Tage in käuflichem Essig maceriren lässt, und dann den circumcidirten Hautring von dem subconjunctivalen an dem Bulbus haftenden Bindegewebe successive in kleinen Stücken abträgt, so dass die Fortsetzung der Conjunctiva über den Rand der Hornhaut auf letzterer sitzen bleibt (p. 253). — Von den Endkolben setzen sich auch dunkelrandige Fasern fort, weshalb denselben keine terminale Bedeutung zukommen kann (p. 275).“

Was den letzten Punkt betrifft, der den Verfasser zuerst in seiner ursprünglichen Ansicht schwankend gemacht hat, so handelt es sich dabei um eine Verwechselung der durch Kölliker (1850) und mich (1854) schon lange bekannten Nervenknäuel der Conjunctiva, die ich zum Ueberfluss später nochmals abgebildet habe (Zeitschr. für rat. Med. 1858. Taf. II. Fig. 1 und 2) mit Endkolben.

Zur längeren Conservirung und Demonstration der Endkolben zu jeder beliebigen Zeit, ferner zum Zweck einer Bestimmung des physiologisch interessanten Mengenverhältnisses derselben in einer Quadratlinie Conjunctiva bin ich (Anatomische Untersuchungen p. 40) nach sehr vielen anderweitigen Versuchen bei der Maceration in Essig stehen geblieben, der 3 Procent wasserfreie Essigsäure enthielt. Zur Aufsuchung der Endkolben ihrer selbst willen, um es so auszudrücken, um sich z. B. zu überzeugen, dass sie keine Kunstproducte sind, habe ich folgende Methode wiederholt empfohlen (Zeitschr. f. rat. Med. 1858. p. 29. Terminale Körperchen p. 134): „Am besten kommen sie zur Anschauung, wenn man von den noch warmen, pigmentlosen Augen eines frisch geschlachteten Kalbes oder Schafes ein Stückchen Conjunctiva bulbi (event. auch Unterzungenschleimhaut der Maus, Ratte) mit einer feinen Scheere vom subconjunctivalen Bindegewebe trennt und auf einem Objectträger horizontal ausgebreitet, die Epithelialschicht nach oben gekehrt mit starker Vergrösserung ohne irgend einen Zusatz untersucht, indem man einzeln verlaufende Nervenfasern bis zu ihren Endverästelungen verfolgt." Es ist dabei allerdings eine unerlässliche Bedingung, dass die Veränderungen nach dem Tode nicht schon zu weit fortgeschritten sind, wie das bei Nervenuntersuchungen sich eigentlich von selbst versteht.

An einer anderen Stelle legt der Verfasser des citirten Aufsatzes Gewicht darauf, dass er Essigsäure anstatt Kali angewendet habe. Es ist nicht meine Absicht, den alten Streit, der schon in Bezug auf die Tastkörperchen über die Zweckmässigkeit der Anwendung von Essigsäure (Kölliker) oder von Natron (Meissner) geführt worden ist, hier zu reproduciren. Ich habe jede Zusatzflüssigkeit vermieden; obgleich die Untersuchung dadurch erschwert wird, falls das abpräparirte Conjunctivastück nicht durchsichtig genug ausgefallen ist, „so dürfte doch die Schönheit solcher Präparate auf keine Art übertroffen werden." (Anat. Unters. p. 38).

Der Verfasser sagt fernerhin (p. 261): „Ausserdem hat Krause offenbar seine Zeichnungen stark schematisch ge-

halten, während diese (Arnold's) vollständig naturgetreu ist.“ An letzterer Angabe zweifle ich durchaus nicht, obgleich die Differenz von meinen Zeichnungen (Zeitschr. für rat. Med. 1858. Taf. I. und II.) allerdings beträchtlich ist. Dies hat nur darin seinen Grund, dass die letzteren die Endkolben im frischen, unveränderten, weder durch Reagentien, noch durch Druck misshandelten Zustande darstellen, während es bei denen der Taf. IV. des Arch. f. pathol. Anat. in der That unmöglich ist zu entscheiden, ob sie halbzerstörte Endkolben oder Enden von abgerissenen Nervenstämmchen oder Nervenknäuel oder was sonst darstellen. Wahrscheinlich sind dabei alle genannten Objecte zusammengeworfen. Da Verfasser, wie er selbst angiebt, die Endkolben im frischen Zustande ohne Zusatz nicht gesehen hat, so dürfte es ihm wohl schwer werden zu beurtheilen, ob eine solche Zeichnung derselben naturgetreu sei oder nicht. Ich bemerke übrigens nochmals, dass die fraglichen Zeichnungen mit der sorgfältigsten Genauigkeit von mir nach der Natur angefertigt sind, und glaube, sie tragen die beste Gewähr in sich selbst, dass die gezeichneten Endkolben nicht unvorsichtig gezerrt oder gedrückt worden waren.

In eine Widerlegung der mannigfaltigen Vermuthungen des Verfassers über die Art, wie die vermeintlichen Kunstproducte zu Stande kommen, sich einzulassen, dürfte überflüssig sein. Unbegreiflich ist es, dass die aufgestellten Vermuthungen sich gerade auf den auffallendsten Punkt nicht erstrecken: dass nämlich die gleiche Methode in der Conjunctiva beim Menschen kuglige, bei den Säugethieren cylinderförmige, zum Theil gekrümmte, zum Theil recht eigentlich „kolbenförmige“ Terminalkörperchen, endlich bei den Vögeln (Ente) — Vater'sche Körperchen und zwar bei jeder Thierklasse nur diese bestimmte Klasse von angeblichen Kunstproducten hervorzubringen vermag.

Auch die Angaben von Manz, die durch mich bestätigt wurden, dass nämlich über den Cornealrand des Menschen sich Bindegewebsleisten in Form besonderer Riffe forterstrecken, welche den sog. Annulus conjunctivae wesentlich bilden, verweist J. Arnold (p. 272) in dieselbe Reihe der (durch das Trocknen etc. entstandenen) Kunstproducte. Wieder ist dabei unbegreiflicher Weise vergessen anzugeben, wie es zugeht, dass die Reagentien nur am oberen und unteren, niemals aber am rechten und linken Cornealrande die betreffenden Artefacta zu Stande bringen. Die Widerlegung der letzten

Behauptung ist übrigens schon in meiner Angabe enthalten (Anat. Unters. p. 42), dass ich die Leisten auch an Augen beobachtete, die niemals getrocknet gewesen waren.

II. Die Nervenendigung in den Muskeln.

Zwischen Kölliker*) und W. Kühne ist eine Streitfrage entstanden, die sich auf die Beobachtungen des Letzteren über eine besondere Form von Nervenendigungen in den Muskeln des Frosches bezieht. Da in einer neuesten Erwiederung von Kühne**) auf die Kölliker'sche Mittheilung keine Bemerkungen zur Sache enthalten sind, so kann dieselbe mit Stillschweigen übergangen werden.

Kühne***) hatte in isolirten Muskelfasern des Frosches an den feinsten Endausbreitungen sogenannte Nervenendknospen beschrieben, welche als besondere peripherische Endorgane der motorischen Nerven zu betrachten wären. Ausserdem aber fand Kühne die blassen Aeste der dunkelcontourirten Primitivfasern mit fein zugespitzten Enden frei auslaufen. Kölliker beschrieb diese letztere Endigungsform als Regel und fand im Uebrigen, dass die blassen Endausläufer keine nackten Axencylinder sind, wie Kühne behauptet, sondern ein deutliches Neurilem besitzen, ferner dass die sogenannten Nervenendknospen gewöhnliche ovale Kerne sind, wie sie sich an allen derartigen Endausbreitungen blasser Nerven finden.

Unmittelbar nach dem Erscheinen der Schrift von Kühne habe ich die Muskeln des Frosches auf die von Kühne angegebene Weise untersucht und die folgenden Resultate erhalten, welche mit den unterdessen veröffentlichten Angaben von Kölliker vollständig übereinstimmen. Ich kann daher nur bestätigen:

1) Dass die blassen Endausläufer der doppeltcontourirten Nervenfasern eine deutliche structurlose Umhüllung — Neurilem — besitzen, welches sie selbst dann begleitet, wenn sie im Inneren der Muskelprimitivbündel zu liegen scheinen. Die Nerven endigen mit blassen, feinen Spitzen, welche Kühne und Kölliker in derselben Weise gesehen haben.

Der Punkt auf den am meisten Gewicht gelegt werden muss, ist das Vorhandensein des Neurilems, welches als zarte Contour die Nervenfibrille begleitet, von Kölliker nach-

---

*) Würzburger naturw. Zeitschrift. Nr. III. am 8. u. 22. März 1862.
**) Arch. f. path. Anat. Bd. XXIV. p. 462.
***) Die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven. Leipz. 1862.

gewiesen, von Kühne aber übersehen worden ist. Kühne behauptet, die Enden der Nervenfasern seien regelmässig innerhalb des Sarcolems gelegen und es ist zuzugeben, dass die optischen Bilder manchmal diesen Eindruck machen, indessen ist weder die Kühne'sche noch eine andere der bis jetzt bekannt gewordenen Methoden meiner Ansicht nach im Stande, diesen Punkt mit Sicherheit zu entscheiden.

2) Dass die Nervenendknospen von Kühne einfach Kerne sind, welche dem Neurilem ansitzen.

Für die Erklärung des Umstandes, dass Kühne sie nicht als solche erkannt hat, scheint nur die Annahme übrig zu bleiben, Kühne habe niemals blasse Nervenfasern bei höheren Thieren in ausreichender Weise untersucht. Auf die Mittheilungen Kühne's über einen complicirten Bau dieser Kerne, den er bei 1500facher Vergrösserung erkannt haben will, wird Niemand Gewicht legen, welcher sich der zahlreichen Beispiele von phantasievollen Beschreibungen erinnert, die schon so oft aus der Anwendung sehr starker Vergrösserungen hervorgegangen sind. Die Nervenendknospen gehören in dieselbe Kategorie wie die nach Valentin mit Eingeweiden ausgestatteten Samenfäden des Bären, die Stilling'schen Nervenfasern etc.

Was die Untersuchungsmethode anlangt, so lassen sich die Primitivfasern der Froschmuskeln bekanntlich sehr leicht (durch concentrirtere Säuren etc.) isoliren, was bei den Muskeln anderer Thiere nicht so gelingt. Die Kühne'sche Methode hat den Vorzug, dass sie die Nervenfasern verhältnissmässig gut erhält, ich habe sie daher vorzugsweise, ausserdem aber die Untersuchung des frischen Muskels ohne Zusatz in Anwendung gezogen. Es versteht sich von selbst, dass die Kerne der Nervenendausbreitungen bereits bei 300maliger Vergrösserung vollkommen deutlich erscheinen, ebenso auch das Neurilem derselben; indessen habe ich, ebenfalls nach Kühne, vorzugsweise mit Hartnack'schen Immersionslinsen gearbeitet.

Ursprünglich war Kühne durch seine Beobachtungen an Insectenmuskeln auf den Gedanken gekommen, dass die Nerven in denselben in reihenweise angeordneten Kernen endigen möchten. Mit diesen Kernreihen hat es folgende Bewandtniss. Betrachtet man eine stärkere Muskelfaser z. B. der Stubenfliege frisch oder nach Anwendung von Essigsäure in irgend einer Richtung, die senkrecht auf die Längsaxe der Muskelfaser steht, so sieht man mehrere (gewöhnlich drei) Reihen meistens ovaler Kerne. Betrachtet man einen optischen Querschnitt der nämlichen Muskelfaser, so erscheint im Centrum

derselben ein einfacher runder Kern (oder ein paar solcher); etwa auf halbem Wege zwischen demselben und dem Sarcolem wird die contractile Substanz von einem Ringe unterbrochen, der aus ähnlichen kleinen, rundlichen, gegen Essigsäure resistenten Körperchen — Kernen — zusammengesetzt ist. Folglich sind die beiden äusseren scheinbaren Kernreihen, die auf dem Längsschnitt sichtbar werden, nicht einfache Kernreihen, sondern die beiden Längsschnitte eines aus ellipsoidischen Kernen bestehenden Hohlcylinders, der in der contractilen Substanz steckt, und in dessen Axe noch eine centrale Kernreihe enthalten zu sein pflegt. Diese von Amici*) richtig erkannten Verhältnisse sind Kühne gänzlich entgangen, und insoweit kann ich Amici's Untersuchungen bestätigen, während seine Beschreibungen der contractilen Substanz selbst, welche auf 2000malige Vergrösserungen basirt sind, ebenfalls jener zaubervollen Märchenwelt der Histologie angehören dürften.

Auf die übrigen Verhältnisse der Nervenverbreitung in den Muskeln und namentlich der fein zugespitzten wirklichen Endigungen derselben hier näher einzugehen unterlasse ich, weil Kölliker eine ausführliche Bearbeitung dieses Gegenstandes in Aussicht gestellt hat. Es würde in mehrfacher Beziehung sehr interessant sein, wenn bei dieser Gelegenheit eine exacte Nachweisung geliefert werden könnte, dass die bekannten dünneren doppeltcontourirten Nervenfasern, welche an dem Reichert'schen Hautmuskel des Frosches leicht aufgefunden werden können, in der That dem Muskel selbst angehörige sensible Röhren sind, wofür sie Kölliker zu halten geneigt ist.

Manche neuere Untersuchungen scheinen von der Hypothese ausgegangen zu sein, eine ähnliche Endigungsform, wie sie bei den einfach sensiblen Nerven bisher allein mit Sicherheit erkannt worden ist, möge auch bei den übrigen Nervenendigungen sich finden. Daran erinnern die Mittheilungen von Luschka über Endkolben an den blassen Nervenfasern der Steissdrüse, von Ritter über feine Fäden in der Axe (des Aussengliedes) der Retinastäbchen, von Kühne über die Endigungen der motorischen Nerven. Alle diese Angaben stellen sich einer eingehenden Kritik gegenüber als nicht hinlänglich begründet heraus und bei dieser Gelegenheit ist

*) S. Arch. f. pathol. Anat. Bd. XVI. p. 414.

darauf aufmerksam zu machen, dass schon öfters die Verallgemeinerung der früher für richtig gehaltenen Annahmen von dem Aufhören irgend welcher doppeltcontourirter Nerven mit Schlingen oder freien Enden zu dem voreiligen Glauben an eine Gleichförmigkeit in diesem Gebiete geführt hat, welche in der That keineswegs vorhanden ist, wie spätere Untersuchungen gezeigt haben. A priori ist es in hohem Grade unwahrscheinlich, dass nicht mehr Typen der Nervenendigungsform überhaupt realisirt sein sollten, als die mit feinen Fäden in kleinen Körperchen!

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

Histologische und physiologische Studien.

Zweite Reihe.

Von

G. Valentin.

V. Ein einfacher Compensator.

Hat man eine grössere Platte oder ein mikroskopisches Präparat eines organischen Körpers, das ein dunkeles Kreuz mit oder ohne isochromatische Ringe oder Hyperbeln bei senkrechter Stellung der Polarisationsebenen des Polarisators und des Zerlegers zeigt, so ist in der Regel die nächste Aufgabe, den verhältnissmässigen und, wenn die Richtung der optischen Axe ermittelt worden, den absoluten Charakter der doppelt brechenden Masse zu bestimmen. Man gebraucht zu diesem Zwecke die parallele oder die gekreuzte Verdoppelung passender Einschaltungsplatten oder elliptisch oder circular polarisirtes Licht, das man zur Polarisation oder zur Analyse verwendet. Das Letztere geschieht am Einfachsten durch ein Glimmerblättchen von ein Viertheil Wellenlänge Gangunterschied für Gelb oder die mittleren Strahlen überhaupt, dessen Axenebene man nicht parallel einer der Polarisationsebenen des Polarisators oder des Zerlegers einstellt.

Dove*) hob schon vor längerer Zeit hervor, dass man elliptisch und circular polarisirtes Licht durch die Zusammendrückung des Glases erzeugen könne. Diese Thatsache führte mich auf den Gedanken, das Objectglas des Mikroskops selbst in einen Compensator zu verwandeln. Die Versuche gelangen

---

*) Dove, Pogg. Ann. Bd. XXXV. 1834. S. 279. Darstellung der Farbenlehre. Berlin. 1853. 8. S. 226—28.

mir vollkommen mit ganz gewöhnlichen dünnen Gläsern, wie man sie z. B. als Schutzleistchen für mikroskopische Präparate gebraucht. Da aber diese bei irgend starkem Drucke zu springen pflegen, Ungleichheiten ihres Gefüges nicht selten darbieten und minder scharfe Bilder aus diesem Grunde erzeugen, so ist es vortheilhafter, Glasparallelopipede zu nehmen, wie man sie in den kleinen Pressen hat, die zum Nachweise der doppelt brechenden Eigenschaften des zusammengedrückten Glases dienen. Man kann hier leicht den Druck durch die Einschaltung von Papp- oder Kautschuckplatten gleichförmiger herstellen. Selbst dickere Parallelopipede stören nicht wesentlich bei dem Gebrauche stärkerer Vergrösserungen, da es sich nur um gröbere Verhältnisse der mikroskopischen Bilder handelt. Jedes der beiden, die ich benutzte, hatte eine Länge und eine Breite von 23 und eine Höhe oder Dicke von 8 Millimetern. Es versteht sich von selbst, dass man das zusammengedrückte Glas nicht nothwendig als Objectglas verwenden muss, sondern an jeder geeigneten Stelle zwischen dem Polarisator und dem Analysator einschalten kann. Man bringt es daher dann z. B. zwischen das polarisirende Nicol und das Objectglas, das den mikroskopischen Gegenstand trägt, oder zwischen das Ocular des Mikroskops und den Zerleger, wenn es auf diese Weise bequemer ist.

Es kann für den Unterricht nützlich sein, die allmälige Wirkung der Zusammendrückung vorzuzeigen. Man schaltet zu diesem Zwecke die Glaspresse so ein, dass die durch die Schraube bezeichnete Druckrichtung einen Winkel von $+45^0$ oder von -45^0 mit jeder der rechtwinklig gekreuzten Polarisationsebenen des Polarisators und des Zerlegers bildet. Hat die Compression noch nicht begonnen, so zeigen sich das Kreuz, die Ringe oder die Hyperbeln in gewöhnlicher Lage und Vollständigkeit. Zieht man jetzt die Schraube an, so erhält man zunächst elliptisch polarisirtes Licht. Das Kreuz z. B. trennt sich deshalb in zwei aus einander weichende Hyperbeln. Die Ringe brechen quadrantenweise aus einander. Schraubt man weiter, so gelangt man endlich zu einem Grade der Zusammendrückung, bei dem der Gangunterschied der beiden nahezu gleich lichtstarken in der Druckaxe und senkrecht darauf polarisirten Strahlen ein Viertheil Wellenlänge für das Mittelfeld der Glasmasse beträgt, hier also circular polarisirtes Licht auftritt, während ein anderer, elliptisch polarisirtes Licht bedingender Gangunterschied in den Eckfeldern vorhanden ist. Das Erstere erzeugt jetzt die beiden charakteristischen Schattenpunkte und die Verschiebung eines

jeden der Ringquadranten um ein Viertheil einer Ringbreite. Das circular polarisirende Mittelfeld fällt in meiner Vorrichtung so gross aus, dass es mehr als drei Viertheile der ganzen Glasmasse einnimmt. Das Zurückschrauben zeigt wieder die Rückkehr aus dem Circularen durch das Elliptische in das linear polarisirte Licht.

Hat man keine solchen Demonstrationszwecke, so ist es am Einfachsten, die Schraube vor dem Gebrauche so weit anzuziehen, dass man circular polarisirtes Licht in dem Azimuthe $+ 45^0$ erhält und dann die Glasmasse als Objectglas zu benutzen. Stellt man sie so ein, dass die durch die Schraube bezeichnete Druckrichtung in 0^0 oder 90^0 d. h. parallel einer der Polarisationsebenen liegt, so hat man linear polarisirtes Licht, mithin die unveränderten Bilder. Dreht man jetzt das Objectglas von 0^0 nach 45^0, so bekommt man elliptisch polarisirtes Licht, bis endlich circulares bei 45^0 eintritt. Füllt der mikroskopische Gegenstand das Gesichtsfeld nicht ganz aus, so erscheint der übrige Grund bei gekreuzten Polarisationsebenen und der Einstellung der Druckaxe unter 0^0 oder 90^0 dunkel und hellt sich theilweise auf, so wie das elliptisch oder das circular polarisirte Licht zur Polarisation oder Analyse benutzt wird.

Die Art und Weise, wie das Kreuz durch das elliptisch polarisirte Licht in zwei Hyperbeln auseinander geht, welche Stellung die beiden dunkelen Flecke in dem circularen einnehmen, wie sich endlich die Ringquadranten verschieben, entscheidet über den positiven oder den negativen Charakter des Prüfungskörpers. Man muss aber zu diesem Zwecke das Glas, das man braucht, untersuchen. Die Verschiedenheit der Form und vielleicht auch der Beschaffenheit des Glases, endlich der Druckrichtung können hier eine der beiden möglichen entgegengesetzten Wirkungen hervorrufen. Die Nichtbeachtung dieses Umstandes hat selbst Optiker von Fach zu Widersprüchen und Irrungen verleitet.

Der Versuch von Fresnel, die Doppelbrechung des zusammengedrückten Glases durch eine Verbindung von Prismen zu einem Parallelopipede nachzuweisen, wurde dahin gedeutet, dass die optische Axe in der Richtung der Druckaxe dahingehe und das Glas positiv sei.*) Anderseits hält man jetzt das zusammengedrückte Glas für einen einaxigen negativen Körper**) und lässt die Druckaxe mit der Axe der grössten

---

*) F. W. G. Radicke, Handbuch der Optik. Bd. I. 1839. 8. S. 396.
**) Billet, Traité d'Optique phys. Tom. I. Paris. 1858. 8. p. 349 u. 494.

Elasticität zusammenfallen*), wie es in der That nach der Theorie von Neumann**), nicht aber nach der gewöhnlichen Anschauungsweise sein muss. Geht man von diesem letzteren Gesichtspunkte aus, so verläuft die optische Axe des zusammengedrückten Glases senkrecht auf die Druckaxe, weil der ordentliche Strahl eines negativen Körpers verhältnissmässig den grössten Brechungscoefficienten hat, die optische Axe also der kleinsten Elasticitätsaxe entspricht. Die unrichtige Auffassung der letzteren ist wahrscheinlich der Grund, weshalb man den Glimmer nicht als negativ, sondern als positiv mit Hülfe eines zusammengedrückten Glases bestimmte.***)

Handelt es sich nur um eine sichere Feststellung der wahren Lage der optischen Axe, so wechselt dagegen die Richtung des elliptisch oder des circular polarisirten Lichtes, das man durch die Zusammendrückung der Glasmasse erzeugt. Dove fand in seinen Versuchen, dass die Einstellung der quadratischen oder runden Glasscheibe unter + 45⁰ eine durch ihr Mittelfeld untersuchte auf die optische Axe senkrecht geschnittene Kalkspathplatte so änderte, dass die Ringquadranten rechts und oben, sowie links und unten um ein Viertelintervall von dem Mittelpunkte fortgeschoben waren. Man hatte also hier die gleiche Wirkung, als wenn man $^1/_4$ Glimmerblättchen für Gelb unter + 45^0 eingeschaltet oder die Untersuchung in rechts circularem Lichte vorgenommen hätte. Dieser Fall ist mir ebenfalls in einzelnen gewöhnlichen Objectgläschen (Schutzgläschen) vorgekommen. Die meisten dagegen und die beiden dicken, oben erwähnten Parallelopipede, die ich definitiv gebrauchte, wirkten immer entgegengesetzt, wie ein $^1/_4$ Glimmerblättchen. Die jetzt folgenden Angaben beziehen sich daher auch auf den zweiten mir als Regel vorgekommenen Fall.

Dieser scheinbare Uebelstand hat keinen wesentlich praktischen Nachtheil. Will man sich von der Wirkungsweise des gebrauchten elliptisch oder circular polarisirenden Glases unterrichten, so prüft man ein Stärkmehlkorn. Da dieses positiv ist, so stimmt der Einfluss des circular polari-

---

*) A. Mousson, Die Physik auf Grundlage der Erfahrung. Abth. III. Zürich. 1860. S. 413.

**) Neumann, Die Gesetze der Doppelbrechung des Lichtes in comprimirten oder ungleich erwärmten und krystallinischen Körpern. Berlin. 1843. 4. S. 59.

***) Billet a. a. O. Tom. I. p. 497.

sirenden Glases mit dem des Glimmerblättchens überein, wenn die Druckrichtung unter + 45° das Kreuz in zwei Schattenstreifen verwandelt, die auf jener senkrecht stehen. Verlaufen sie parallel, so arbeitet das Glas entgegengesetzt, wie das Glimmerblättchen.

Steht die Druckaxe der Glaspresse unter + 45°, während sich die Polarisationsebenen des Nicol rechtwinklig kreuzen, so giebt die von mir benutzte Vorrichtung die beiden Schattenflecke parallel der Druckaxe und den ersten (oberen und rechten) und den dritten Ringquadranten von dem Mittelpunkte fort — den zweiten und vierten Quadranten dagegen, diesem zugeschoben in positiven, das Umgekehrte dagegen in letzterer Hinsicht und die Schattenflecke senkrecht auf die Druckaxe in negativen einaxigen Körpern. Man hat also bei + 45° der Druckrichtung links circular polarisirtes Licht und nicht rechts circular polarisirtes, wie es ein Glimmerblättchen liefern würde, dessen Axenebene unter + 45° eingestellt worden.

Man kann den Glascompensator für die Charakteristik zweiaxiger Körper ebenfalls benutzen. Der Gebrauch des elliptisch oder circular polarisirten Lichtes führt hier zu schärferen und leichter kenntlichen Merkmalen, als die Drehung des Analysators ohne Einschaltungskörper.

Ich untersuche zu diesem Zwecke die Platte in dem vorherrschend gelben Lichte der Kochsalz-Weingeistflamme. Dieses gewährt den Vortheil, dass das innerste rhombenähnliche oder kreuzförmige Feld, welches die lemniscatenähnlichen Curven einer auf der Mittellinie senkrecht stehenden Platte einschliessen, um Vieles schärfer, als in dem weissen Lichte erscheint. Man stellt die Polarlinie so ein, dass sie unter + 45° dahingeht. Analysirt man jetzt mit einem dazwischen gebrachten $^1/_4$ Glimmerblättchen, so hat man das unveränderte Bild, so wie die Axenebene desselben unter 0° oder 90° steht. Dreht man hierauf die Axenebene des Glimmerblättchens von 0° nach + 45°, so brechen in einem positiven Körper, wie dem chromsaueren Kali, die kreuzartig in der Mitte zusammengeflossenen Linien so auseinander, dass die Axe, nach der sie sich wechselseitig entfernen, auf der Polarlinie senkrecht steht. Diese Axe des Auseinanderweichens geht dagegen der Letzteren in negativen Körpern, z. B. dem Salpeter, dem Aragonit, dem Rohrzucker parallel. Stellt man die Polarlinie unter — 45°, dreht aber den Glimmer von 0° nach + 45° oder umgekehrt, mit einem Worte, sind die Richtungen der Polarlinie und der Axenebene des circular polarisirenden Glimmers nicht

parallel, sondern senkrecht zu einander, so hat man in jeder Beziehung das Entgegengesetzte. Die positiven Körper wirken in diesem zweiten Falle, wie die negativen in dem ersten und umgekehrt.

Es ergiebt sich aus dem früher Dargestellten, dass sich die von mir gebrauchten Glasparallelopipede, wie $^1/_4$ Glimmerblättchen bei rechtwinkliger Kreuzung der Polarlinie und der Axenebene verhielten. Hatte man die Polarlinie unter 45^0 und die Druckaxe unter 0^0 eingestellt und drehte die letztere von 0^0 nach 45^0, so lag die Ausweichungsaxe in positiven Körpern parallel der Polarlinie, und in negativen senkrecht auf ihr. Man hatte also wieder im Gegensatze zum Glimmer den Parallelismus der Ausweichungsaxe und der Polarlinie in positiven und die senkrechte Kreuzung in negativen Körpern.

Diese Verwendung des zusammengedrückten Glases bestätigt z. B. die negative Beschaffenheit des Kammacherhornes, der Hornmasse von Querschliffen der Ochsenklaue und der verschiedenen Arten der Perlmutter.

Hat man zweiaxige Körper mit kleinem Axenwinkel, so dass die senkrecht auf die Mittellinie geschnittenen Platten länglichrunde oder ellipsenähnliche Curven statt der lemniscatenähnlichen Linien geben, so orientirt man die reelle Axe der dunkelen Hyperbeln, wie sonst die Polarlinie. Die Untersuchung wird hier meist schon in dem weissen Tageslichte mit Erfolg vorgenommen. Man überzeugt sich dann leicht mittelst des zusammengedrückten Glases von der positiven Beschaffenheit z. B. des zweiaxigen Apophyllits, des Eisenkaliumcyanürs oder einer frischen zweiaxigen Pferdelinse, und der negativen vollkommen eingetrockneter Fischlinsen, der trockenen Hornhaut, der Hornschilder von Schlangen, Krokodilen und dergl. Ist der Axenwinkel sehr klein, so kann man auch die Polarlinie oder die reelle Axe der Hyperbeln unter 0^0 oder 90^0 einstellen und so das Bild eines dunkelen Kreuzes erzeugen. Dieses giebt dann die beiden Schattenflecke, wie in Platten einaxiger Körper, die senkrecht auf die optische Axe geschliffen sind.

Man könnte auf den Gedanken kommen, diejenigen Bezirke gekühlter Gläser, welche elliptisch oder circular polarisirtes Licht liefern, in gleicher Weise, wie das gepresste Glas zu benutzen. Die Beobachtungen, die ich zu machen Gelegenheit hatte, sind dieser Idee nicht günstig. Ich versuchte Cylinder, Parallelopipede, einen Würfel und ein Prisma, sowie runde und viereckige Objectgläser für mikroskopische Gegenstände, die gekühlt worden, fand aber immer wesentliche Nachtheile,

wenn selbst die Glasmassen an und für sich so gut gekühlt waren, dass sie die prachtvollsten Polarisationsbilder lieferten. Diese Letzteren störten oft in hohem Grade oder machten die Untersuchung ganz unmöglich. Trat aber auch ein solcher Uebelstand nicht ein, so fielen doch die Bilder, vorzugsweise die mikroskopischen, selbst in den günstigsten Fällen minder scharf und befriedigend aus, als bei der Anwendung eines passenden gepressten Glases.

VI. Feste circular polarisirende Masse aus dem Thierreiche.

Das Quarz galt lange für den einzigen festen circular polarisirenden Körper. Optiker ersten Ranges hatten in früherer Zeit die Ueberzeugung, dass der Uebergang aus dem festen in den gelösten Zustand das Vermögen, die Polarisationsebene zu drehen, aufhebt, wenn es in der dichten Form der Masse vorhanden war. Eben so sollten die festen Rückstände drehender Flüssigkeiten keine Rotation darbieten. Spätere Erfahrungen haben diese Auffassungsweise beseitigt. Biot*) stellte schon durchsichtige Platten von Zucker, der mit Essigsäure versetzt worden, in niederer Temperatur erhärteten Terpentin, durchsichtiges Dextrin und feste Weinsteinsäure dar, die ein nachdrückliches Drehungsvermögen besassen. Neuere Beobachtungen wiesen nach, dass noch andere feste Körper, als der Quarz die Polarisationsebene wenden können. Die Beobachtungen, die Marbach**) an dem chlorsaueren Natron, dem bromsaueren Natron, dem essigsaueren Uranoxyd-Natron machte, zeigten ihm, dass sich hier die Circularpolarisation allein oder in Verbindung mit der Blätterpolarisation darstellen kann. Das bromsauere Nickeloxyd und das salpetersauere Strontian schienen die gleiche Eigenthümlichkeit zu verrathen. Diese Beobachtungen sind um so merkwürdiger, als die genannten Salze nach dem regelmässigen Systeme krystallisiren, sich also in ihnen keine Erscheinung der Doppelbrechung ausser der Blätterpolarisation erwarten liesse. Künftige Untersuchungen werden jedoch lehren müssen, ob nicht die Drehung der

---

*) Biot, Ann. de Chimie. Tome X. p. 185—96. Tome XVIII. p. 351—82. Billet, Traité d'Optique physique. Tome II. Paris. 1860. 8. p. 366. 67.

**) H. Marbach, Die optischen Wirkungen einiger Krystalle des tesseralen Systems. Breslau. 1855. 8. S. 9. 13. 21. 24.

Polarisationsebene die Folge der letzteren wenigstens in manchen Fällen war. Des Cloizeaux*) vervollständigte später noch die Reihe der festen circular polarisirenden Körper durch die Entdeckung der Drehungserscheinungen in dem krystallisirten Zinnober und dem schwefelsauern Strychnin. Das Strychninsalz lenkt die Polarisationsebene auch in gelöstem Zustande ab.

Man sieht aus dieser Darstellung, dass bis jetzt kein aus dem Thierreiche stammender fester Körper bekannt war, der die drehenden Eigenschaften des Quarzes theilte. Eine zufällig gemachte Erfahrung setzt mich in den Stand, ein Verfahren anzugeben, drehende Präparate thierischen Ursprungs anzufertigen.

Die Papierhändler verkaufen unter dem Namen des Hornglases eine durchsichtige steife in ziemlich dünnen Bogen geformte Masse, die halbdurchsichtig, fast farblos oder gelblich ist und durch den Aufenthalt im Feuchten leicht fleckig wird. Man gebraucht sie zum Durchzeichnen von Fabrikmustern, der Anfertigung von Transporteuren und dergl. Sie ist unter dem sonderbaren Namen der Menschenhäute in der östlichen Schweiz und dem südlichen Deutschland bekannt und besteht aus einer feineren gegossenen Leimsorte. Legt man zwei, vier oder eine grössere Zahl von Blättern dieser Masse über einander, so sieht man die den zweiaxigen doppelt brechenden Körpern eigenthümlichen Hyperbeln in dem Nörrenberg'schen Polarisationsmikroskope. Sind die Polarisationsebenen des Polarisators und des Analysators rechtwinklig gekreuzt, so werden die Hyperbeln am Dunkelsten, wenn ihre reelle Axe (welche der Polarlinie entspricht) unter $+ 45^0$ steht, vorausgesetzt, dass sich die Polarisationsebenen des polarisirenden Plattensatzes und des zerlegenden Nicols in 0^0 und 90^0 stehen. Die Drehung nach den letzteren Azimuthen lässt die zwei Hyperbeln zu einem dunklen Kreuze zusammenstossen. Baut man Systeme von einer hinreichend grossen Zahl von Platten, die durch Schichten von Canadabalsam durchsichtiger gemacht worden, auf, so erhält man Präparate mit lebhaft gefärbten isochromatischen Ringen. Manche Systeme sind entschieden zweiaxig und zeigen daher die länglichrunden, lemniscatenähnlichen Curven mit den beiden Polen. Die meisten dagegen liefern Bilder, die denen von einaxigen senkrecht auf die optische Axe geschnittenen Platten ähnlich sind. Man hat vollkommene isochromatische Kreise oder ihnen sich annähernde vollständige oder an einer Stelle unterbrochene

*) Des Cloizeaux, Ann. des Mines. 1857. Tome XI. p. 339.

Curven und ein den Polarisationsebenen des Polarisators und des Zerlegers entsprechendes Kreuz, das bisweilen in der Mitte etwas matter erscheint und bei allen Drehungen des Präparates in seiner Ebene unverändert bleibt oder in zwei, im Maximum verhältnissmässig wenig abstehende Hyperbeln aus einander geht.

Schmilzt man die Platten von Hornglas in Canadabalsam ein, so muss man sich hüten, den letzteren zum Kochen kommen zu lassen. Die dem Siedepunkte desselben entsprechende Wärme vernichtet die Doppelbrechung jener Platten.

Eine parallel planplane, auf die optische Axe senkrecht geschnittene Quarzplatte von irgend beträchtlicher Dicke zeigt zwar die isochromatischen Ringe und die dunkeln, den Polarisationsebenen des Untersuchungsinstrumentes entsprechenden Büschel in dem dunklen Gesichtsfelde, nicht aber das Kreuz innerhalb des Feldes des ersten Ringes. Das Letztere kommt nur dann zum Vorschein, wenn die Quarzplatte eine gewisse Dicke nicht erreicht. Steeg, der sich mit der Anfertigung solcher Platten viel beschäftigt hat, schrieb mir, dass er die für die Herstellung des Biquarz so oft gewählte Dicke von $3^1/_2$ Millimeter für die Gränze halte, bei der das Kreuz zuerst in dem inneren Ringe fehle. Ist es vorhanden, so erscheint es auch in der Mitte matter und zeigt ausserdem eine Reihe von Merkmalen, die in der Circularpolarisation begründet sind und die wir in dem Hornglase ebenfalls wiederfinden.

Denken wir uns, die dünne Quarzplatte drehe nach rechts, so erhalten wir verschiedene Ergebnisse, je nachdem wir den Zerleger nach der einen oder der anderen Seite wenden. Drehen wir ihn in dem Sinne der Rotation der Quarzplatte, mithin in unserm Beispiele ebenfalls nach rechts, so wird der grössere Innentheil des Kreuzes gelb, während sich die vier Enden in lebhaft blaue Flecke verwandeln. Nur die letzteren, nicht aber das gelbe Kreuzfeld zeigen sich bei der Wendung nach der entgegengesetzten Seite, also in unserem Falle nach links. Airy*) hat schon diese Erscheinung in seiner Theorie der Circularpolarisation des Quarzes berücksichtigt. Ich sah sie übrigens auch in einer von inneren Spannungen nicht ganz freien, auf die optische Axe senkrecht geschnittenen Platte von unter schwefelsauerm Bleioxyd. Die Drehung fand hier nach der linken Seite statt.

Die Hornglasplatten verrathen ebenfalls ihre Linksdrehung durch das eben geschilderte Prüfungsmittel. Man sieht das

---

*) Airy, Pogg. Ann. Bd. XXIII. 1831. S. 213. 241 und 242.

gelbe Kreuzfeld mit den blauen bis blaugrünen Endflecken in allen scheinbar einaxigen Systemen von einem bis zu zwölf Blätterpaaren bei der Linksdrehung, während die Wendung nach rechts nur die gefärbten Endflecke liefert. Die Präparate, die zweiaxige Bilder mit nicht sehr grossem Axenwinkel darbieten und die auf das dunkle Kreuz eingestellt worden, zeigen die Trennung des letzteren in zwei an den Enden blauen und in der Mitte gelben Hyperbeln, während ein verwaschen gelbes Feld zwischen ihnen auftritt. Obgleich die Farben in diesen Bildern, wie in den isochromatischen Ringen lebhaft sind, so besitzen sie doch der schwächeren Doppelbrechung und der ursprünglichen geringeren Durchsichtigkeit und gelblichen Färbung wegen nicht das Feuer, das die der Quarzplatten darbieten. Ich erwärmte ein System von drei Paaren allmälig, bis die Doppelbrechung verloren ging, um zu sehen, ob sich die Drehungsrichtung in höherer Temperatur ändert. Der Versuch hatte negative Ergebnisse.

Da eine dickere Quarzplatte die dunkeln Kreuzesarme nur aussen, nicht aber innerhalb des ersten Ringes zeigt, so suchte ich das Gleiche in dem Hornglase zu Stande zu bringen, indem ich eine grosse Zahl von Platten über einander legte. Ein System von 12 Paaren oder von 24 Platten, das ich so aufgebaut hatte, dass sich immer eine Schicht von Canadabalsam zwischen je zwei Blättern befand, zeigte sich schwach zweiaxig und lieferte das dunkle Kreuz bei senkrechter Stellung der Polarisationsebenen und das gelbe Kreuzfeld bei der Drehung des Zerlegers nach links. Die mikrometrische Messung ergab, dass die mittlere Dicke eines jeden der zu diesem Plattensatze gebrauchten Blätter des Hornglases $^{22}/_{63}$ oder beinahe ein $^{1}/_{3}$ Millimeter betrug. Die 24 Platten hatten daher eine Gesammtdicke von fast 8 Millimeter, ohne dass das Kreuz aus dem innersten Ringe geschwunden war. Dieses zeigt unmittelbar, wie viel schwächer die Doppelbrechung des Hornglases als die des Quarzes ist. Eine in Glycerin befindliche und später in Terpentinöl versetzte Säule von 80 Blättchen oder von beinahe 27 Millimeter Gesammtdicke der brechenden Masse zeigte isochromatische Ringe bei dem Gebrauche von Sonnenlicht. Sie war jedoch selbst dann so undurchsichtig, dass ich nicht sicher entscheiden konnte, ob dunkle Kreuzschatten in dem Umkreise vorhanden waren. Das von dem ersten Ringe eingeschlossene Feld liess kein dunkles Kreuz erkennen.

Das zweite charakteristische Merkmal der dünnen circularpolarisirenden Quarzplatte besteht darin, dass das Kreuz das

Minimum seiner Lichtstärke nicht bei der senkrechten Stellung der Polarisationsebenen des Instrumentes, wie Platten nicht drehender Körper, darbietet, sondern es erst zeigt, wenn man den Zerleger um den Rotationswinkel gedreht hat. Man bemerkt dieses am Deutlichsten, wenn ein mit Kupferoxydul gefärbtes rothes Glas eingeschaltet wird. Dasselbe wiederholt sich für die Hornplatten. Der Versuch bestätigt die Linksdrehung derselben.

Wendet man den Zerleger von 0^0 nach $+45^0$ oder nach rechts, so erweitern sich die Ringe einer rechts drehenden auf die optische Axe senkrecht geschnittenen Quarzplatte, während sich die einer links drehenden in dem gleichen Falle verengern. Die Curven selbst nehmen eine mehr viereckige Form mit gebogenen, nach aussen convexen Seiten an. Diese Probe gelingt nur an einzelnen Präparaten der Hornplatten. Ich besitze z. B. ein System von sechs Paaren, das die Erscheinung auf das Vollständigste zeigt, obgleich es zweiaxig mit ziemlich grossem Axenwinkel ist. Manche Präparate geben die Wirkung unvollkommener und einzelne verschieben sogar ihre Ringe quadrantenweise in entgegengesetzten Richtungen.

Es versteht sich nach dem Dargestellten von selbst, dass die Hornglasplatten auf einen Doppelquarz nachdrücklich wirken werden. Schaltet man diesen ein und dreht den Zerleger so lange, bis die beiden Quarzplatten die möglichst gleiche Uebergangsfarbe darbieten, so verwandelt die Einschaltung eines Plattensatzes von Hornglas die Farbe der rechts drehenden Quarzplatte in Roth und die der links drehenden in Blaugrün. Diese Wirkung bleibt sich gleich, die Platten mögen parallel, sternförmig oder abwechselnd rechtwinkelig gestellt sein. Der Zerleger muss unter diesen Verhältnissen auch links gedreht werden, um die Farbengleichheit der beiden Quarzplatten auf kürzestem Wege wieder herzustellen. Die gelbe Färbung der Hornplatten bedingt es übrigens, dass man nicht das ursprüngliche Blauviolett, sondern eine schmutzig grünliche bis gelbgrüne Farbe erhält. Sie verbreitet sich in manchen Präparaten ungleichförmig, in anderen dagegen so gleichartig über die ganze Oberfläche der beiden Quarzplatten, dass man hiernach die Grösse des Drehungswinkels wenigstens annähernd bestimmen kann. Ich habe die drei besten mir zu Gebote stehenden Präparate zu diesem Zwecke ausgesucht. Die mikrometrische Messung ergab $^{15}/_{45}$, also genau $^1/_3$ Millimeter für die mittlere Dicke einer einzelnen Platte des Hornglases. Die Bestimmung der Drehungswinkel lieferte:

Plattensatz		
Gesammtzahl der in ihm enthaltenen Blätter.	Drehungswinkel des Ganzen.	Mittlerer Drehungswinkel für je ein Blatt.
4	8°59′	2°14′75
5	10°41′	2° 8′2
8	17°,0	2° 7′5

Der Durchschnittswerth des Drehungswinkels für ein Millimeter Dicke des untersuchten Hornglases beträgt also . . 6°30′45.

Hält man sich an die entsprechenden Werthe von Broch*), die genauer als die gewöhnlich gebrauchten von Biot sind, so hat der Quarz von einem Millimeter Dicke 37°35′ für Blauviolett. Er dreht also 5,78 oder beinahe 6 Mal so stark als das Hornglas. Nimmt man an, dass sein Kreuz innerhalb des innersten Ringes bei einer Dicke von 3½ Millimeter unsichtbar würde, so müssten 61 über einander geschichtete Hornglasplatten von ⅓ Millimeter Dicke das Gleiche zeigen. Ich muss jedoch bemerken, dass ich noch ein sehr mattes Kreuz, gleichsam den letzten sichtbaren Rest desselben in Platten von 3½ Millimeter bei gutem Lichte und genauem Nachsehen erkannte.

Die festen, oft noch die Form der Schwimmblasen darbietenden Stücke der Hausenblase, wie sie im Handel vorkommen, scheinen bisweilen ebenfalls zu drehen. Ein hinreichend dünnes Präparat von Beluga wendete nach links und eines von Salianski nach rechts. Doch macht der unregelmässig geschichte Bau das Polarisationsbild sehr unregelmässig.

Es lässt sich theoretisch voraussehen, dass die beiden ungleich geschwinden Strahlen von unregelmässig geschichteten organischen doppelt brechenden Körpern bei günstiger Combination entgegengesetzt elliptisch oder circulär polarisirt sein und daher die Polarisationsebene drehen werden. Der Fall kommt jedoch seltner, als man es erwarten dürfte, vor. Die Durchsicht einer grösseren Zahl von Linsenplatten führte mir nur zwei hierher gehörende Fälle vor, das eine Mal in einer hinteren Linse von Octopus und das andere Mal in einem Linsenwürfel von Chimaera monstrosa. Beide stammten von Thieren, die längere Zeit in Weingeist gelegen hatten. Nur

*) Broch, Repertorium der Physik. Bd. VII. 1845. 8. S. 115.

ein Präparat von Meleagris margaritifera zeigte unter ungefähr 50 Perlmuttproben der verschiedensten Mollusken ein mattgelbes Kreuzfeld bei dem Drehen nach Links. Man darf sich hier übrigens nicht durch gelbe Färbungen, die schon bei senkrechter Stellung der Polarisationsebenen innerhalb des ersten Ringes mancher Perlmuttblätter vorkommen, täuschen lassen. Einzelne Präparate der übereinander gelegten Schuppen der Natter oder der gekreuzten Schilder eines jungen Krokodills, die zweiaxige Bilder, nämlich Hyperbeln und Ringe darboten, drehten die Polarisationsebene und zwar einige nach rechts und andere nach links. Ich vermisste dagegen die Erscheinung in anderen gekreuzten oder parallel über einander gelagerten Platten*).

VII. Beobachtungen über den Muskelstrom.

Die Untersuchung des Muskelstromes winterschlafender Murmelthiere lieferte mir einzelne Ergebnisse, die den bisher angenommenen Gesetzen zu widersprechen schienen. Kurze Zeit nachdem ich diese Erfahrungen gemacht hatte, erhielt ich eine Abhandlung von Budge**), welche mir jene eigenthümlichen Resultate klarer machte und mich zur weiteren Verfolgung des Gegenstandes an wachen Geschöpfen anregte. Ich fand die von Budge angegebenen Thatsachen an der ersten grösseren Reihe von Fröschen, die ich untersuchte, ausnahmslos bestätigt und konnte auch seine früheren Beobachtungen***)

---

*) Als Nachtrag zu dem zweiten, von den thermischen Axen der Gewebe handelnden Aufsatze dieser Studienreihe (Diese Zeitschrift, dritte Reihe. Bd. XIV. S. 137—161) möchte ich hinzufügen, dass Tyndall (Philosophical Transactions. 1853. P. II. p. 217—31), wie ich vor Kurzem sah, schon eine Anzahl von Galvanometerversuchen über die Wärmeleitung der Hölzer in verschiedenen Richtungen angestellt hat. Das Hauptergebniss (s. die Tabelle a. a. O. p. 226) stimmt mit dem, was ich in jenem Aufsatze S. 157. 158 anführte, überein, d. h. die Nadel des Multiplicators zeigt einen grossen Unterschied bei dem Vergleiche der Leitung in der Faserrichtung mit der senkrecht darauf an und einen kleinen in den beiden auf einander senkrechten Axenrichtungen des auf der Faserrichtung senkrechten Querschnittes. Man hat daher einen thermisch schwach zweiaxigen Körper, der dem einaxigen vermöge des geringen Unterschiedes der beiden Axen des Querschnittes näher steht, als dem stark zweiaxigen. Der gleiche Fall wiederholt sich häufig in der organischen Welt in optischer Hinsicht wobei natürlich der Axenwinkel sehr klein ausfällt. Untergeordnete Spannungen, die bei dem Eintrocknen entstehen, führen ihn häufig herbei.

**) J. Budge, Deutsche Klinik. 1861. Nr. 22. S. 207—210. Vergl. den Auszug hieraus in der Med. Times. Vol. II. 1861. Nr. 588 (5. Oct.) p. 359 und du Bois-Reymond, ebendas. Nr. 599 (21. Dec.) p. 647. 48.

***) Budge, Pogg. Ann. 1860. Bd. CXII. S. 538—52.

über den Hautstrom des Frosches mit dem gleichen befriedigenden Erfolge widerholen. Manches Neue kam später über den Muskelstrom des Frosches, den des erstarrten Murmelthieres, das ich abermals vornahm, und den einzelner wacher Säugethiere hinzu.

Die Studien wurden mit einer fast concentrirten Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd angestellt. Die Haupteinrichtung stimmte mit der, welche ich zur Untersuchung durchschnittener Froschnerven benutzt hatte, überein. Ich bediente mich nur noch einer eigenen aus Guttapercha verfertigten, das Muskel-Präparat tragenden Unterlage, die an einem allseitig beweglichen Halterarme befestigt war, um möglichst starke Ströme von beliebig kleinen Berührungsstellen abzuleiten.

Ich befestige durch Anschmelzen zwei senkrechte Scheidewände von Guttapercha auf einer Platte dieser Substanz, die für Muskeln des Frosches kleiner, für die der Säugethiere grösser genommen wird. Die hierdurch erzeugte mittlere Kammer erhält eine Reihe passender niederer Querleisten zur Auflagerung der Prüfungsmasse. Man kann diese hierdurch zum grössten Theile in der Luft schweben lassen und sonst nur mit trockenen Stellen in Berührung bringen, so dass keine Störungen durch die Feuchtigkeit der Unterlage herbeigeführt werden. Nun tauche ich zwei breite und dicke mit der Zinklösung gesättigte Bäusche von möglichst geringer Länge in die beiden mit der gleichen Auflösung gefüllten Zuleitungsgefässe. Die Durchmesser sind so gewählt, dass der Leitungswiderstand so klein, als es angeht, ausfällt. Das äussere Ende eines jeden Bausches ruht auf je einer äusseren Kammer der Guttaperchaplatte. Da die Scheidewand, welche diese von der mittleren Kammer trennt, höher ist als die in dieser befindlichen Leisten, so kann man mit Wasser oder mit Eiweisslösung getränkte und zugespitzte Baumwollencylinder oder Schnüre bogenförmig so herüberlegen, dass sie einen sehr kleinen Bezirk der Muskelmasse berühren. Es versteht sich von selbst, dass man diese Zwischenfäden möglichst kurz und breit wählt, um nicht den Leitungswiderstand unnöthiger Weise zu vergrössern. Da man immer neue nach jeder Beobachtung nehmen kann, so vermag man sich auf diese Weise sicher zu stellen, dass die Berührungspunkte derselben keine beträchtliche Menge imbibirter Zinklösung enthalten. Man wird übrigens in vergleichenden Versuchen finden, dass die Richtung des Ausschlages der Galvanometernadel die gleiche bleibt, die Zwischenfäden mögen mit Wasser, mit Eiweiss- oder mit Zinklösung durchtränkt sein.

Der Kürze wegen spreche ich von ganzem Galvanometer, wenn ich alle 30,000 Windungen des Sauerwald'schen Instrumentes, und von halbem, wenn ich nur 15,000 gebrauchte. Die Nebenschliessung bezieht sich auf die, welche sich in dem Innern des Sauerwald'schen für die verschiedenen Schlussweisen befindlichen Zwischenapparates befindet*). Ich hatte das Nadelpaar für alle in diesem Aufsatze enthaltenen Beobachtungen nur so weit astasirt, dass eine Doppelschwingung 40 bis 50 Secunden forderte. Uebungsgemäss nenne ich positiv diejenige Stelle, von der die positive Stromesrichtung durch den Galvanometerdraht zu dem negativen Berührungsorte des thierischen Theiles geht. Der Kreisstrom verläuft daher immer in dem Muskel selbst von dem als negativ zu dem als positiv bezeichneten Bezirke. Man muss hierbei berücksichtigen, dass einzelne Schriftsteller diese letztere Richtung im Auge behalten und daher z. B. sagen, dass der Strom in dem Muskel aufsteige, wenn die natürliche Längsfläche positiv und das untere Sehnenende oder der künstliche Querschnitt negativ in dem hier gebrauchten Sinne sind. Ich vermeide diesen Ausdruck, weil doch noch in dem Muskel eine unendlich grosse Menge in sich geschlossener Ströme vorhanden ist. Absteigende Spannungsreihe heisst in dem bekannten Sinne diejenige Anordnung, in welcher jeder der genannten Theile negativ in Bezug auf den vorhergehenden und positiv in Rücksicht auf den folgenden ist.

Rollt man ein Stück der äusseren Haut des Frosches zusammen und macht dann einen senkrechten Querschnitt an dem einen Ende, so überzeugt man sich leicht, dass der künstliche Querschnitt im Verhältniss zur Aussenfläche der Haut positiv ist. Braucht auch die Magnetnadel nur 35 Secunden für eine Doppelschwingung, so erzeugen doch Rollen der Haut des Bauches, des Rückens oder des Unterschenkels erste Ablenkungen von 40^0 bis 70^0, wenn man das halbe Galvanometer und die Nebenschliessung anwendet. Schaltete ich die letztere aus, so ging bei Wiederholung des Versuches die Nadel an die Hemmung und blieb endlich nicht selten zwischen 70^0 und 85^0 stehen. Selbst ein kleines aus der Schwimmhaut zwischen der ersten und zweiten Zehe bereitetes Präparat lieferte noch 60^0 Ausschlag. Man hat mit einem Worte immer einen verhältnissmässig starken Strom, bei dem der künstliche

---

*) Ueber die Widerstände dieser drei Theile der von mir gebrauchten Vorrichtung siehe diese Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XI. S. 6.

Querschnitt im Gegensatze zu der für die Muskeln anzunehmenden Regel nicht negativ, sondern positiv ist.

Die Ansprache eines ausserhalb des Galvanometerkreises liegenden Verlängerungsstückes der geprüften Hautrolle mit zwei kleinen, mit verdünnter Schwefelsäure geladenen Zinkkohleelementen, wie sie auf den schweizerischen Telegraphenstationen gebraucht werden, führte zu keinen deutlichen Erscheinungen des Elektrotonus, vorausgesetzt, dass man sich vor jeder Täuschung durch Stromesschleifen gesichert hatte. Ich machte auch oft den Versuch, einen der dünnen Rückenhautnerven, der zu der gebrauchten Hautrolle ging, mit dem Magnetelektromotor anzuregen, nachdem die Aussenfläche und der künstliche Querschnitt in den Galvanometerkreis eingeschaltet worden und die Nadel auf einer gewissen bleibenden Ablenkung ruhte. Sie ging einige Male um wenige Grade zurück, bewahrte aber ihre unveränderte Stellung in den meisten Fällen.

Der oben erwähnte richtige Hautstrom erhielt sich oft ein bis zwei Tage nach dem Tode des Frosches. Griff später die Fäulniss tiefer ein, so hatte man einen umgekehrten Strom. Die Aussenfläche der Haut erschien daher positiv. Die Nadel wich bisweilen nur 30^0 bis 40^0 bei dem Gebrauche des ganzen Galvanometers mit ihrem ersten Ausschlage ab. Es kam mir vor, dass Stücke der Bauch- oder der Rückenhaut, die $2^1/_2$ Tage in der Bauchhöhle des Frosches aufbewahrt gewesen, einen schwachen umgekehrten und ein frisch losgetrennter Theil der Kopfhaut einen etwas stärkeren richtigen Strom darboten.

Leitet man zwei künstliche Querschnitte der gleichen Hautrolle oder die Innen- und die Aussenfläche der Froschhaut ab, so fallen die Ausschläge weit geringer aus, als bei dem Gebrauche von Aussenseite und künstlichem Querschnitte. Die Längsfläche und der künstliche Querschnitt der flimmernden Mundschleimhaut des Frosches gaben noch schwächere Ströme, als die schwächsten der eben erwähnten Ableitungen der äusseren Haut von Querschnitt zu Querschnitt oder von der Aussen- zur Innenfläche.

Tauchte ich ein Hautstück, dessen Aussenfläche und Querschnitt einen sehr starken Strom an dem halben Galvanometer mit Nebenschliessung gegeben hatte, ungefähr eine Minute lang in eine concentrirte Salzlösung und wusch hiernach das Präparat in reinem Wasser aus, so erhielt ich immer noch eine der Positivität des künstlichen Querschnittes entsprechende Ablenkung. Der erste Ausschlag betrug jedoch

nur 10° bis 15° an dem ganzen Galvanometer. Die Herstellung eines neuen Querschnittes vergrösserte bisweilen die Ablenkung.

Gehen wir zu den Muskeln über, so muss ich bemerken, dass der grösste Theil meiner Beobachtungen an Rana temporaria und ein geringerer an Rana esculenta angestellt worden. Ein beständiger und durchgreifender, von der Species der Thiere abhängiger Unterschied kam nicht vor. Meine ersten Untersuchungen bezogen sich auf Frösche, die im Herbste eingefangen zum Theil zu dieser Zeit sogleich untersucht, zum Theil aber den Winter über in einem kühlen Raume in Gläsern mit Wasser aufbewahrt wurden und die ich nach und nach im Laufe des Winters und des Frühjahres vornahm. Sie froren nie ein und waren immer vollkommen munter und lebhaft. Ich habe die Beobachtungen an frisch eingefangenen Fröschen im Frühjahre wiederholt. Immer wurden nur kräftige und muntere Thiere gewählt. Man durchschnitt das verlängerte Mark und zerstörte das Gehirn und oft noch das Rückenmark und schritt sogleich zur Prüfung der Muskeln, da alles hierzu Nöthige früher vorbereitet worden.

Wir müssen zwei Klassen von Fröschen unterscheiden. Die eine, welche weitaus die Mehrzahl umfasst und die ich die gewöhnliche nenne, lieferte die Erscheinungen, welche ich zuerst erwähne und die mit Budge's Beobachtungen für den Gastrocnemius, den Tibialis und den Paroneus in allen Einzelnheiten übereinstimmen. Die sämmtlichen im Herbste eingefangenen und bis zum Frühjahre aufbewahrten und viele frisch eingefangene Frösche, die ich im Herbste und dem Frühjahre untersuchte, gehörten zu dieser Kategorie. Eine zweite Klasse lieferte Abweichungen. Diese ungewöhnliche umfasste wenige Individuen unter den im Frühjahre frisch eingefangenen Fröschen. Es versteht sich von selbst, dass andere Orte und andere Verhältnisse möglicher Weise eine abweichende Vertheilung der Individuen beider Klassen darbieten könnten.

Der Wadenmuskel (Gastrocnemius), der unten in die Achillessehne übergeht und einen weit hinaufreichenden, an Dicke und Länge variirenden Sehnenspiegel an seiner Hinterfläche trägt, hat oben zwei Ansätze oder Ursprungsstellen, eine kleine gesonderte Sehne nach aussen und eine Hauptanheftung der übrigen Muskelmasse. Ein Sehnenblatt, dessen Kante oft an der Vorderseite des unversehrten Muskels sichtbar ist, theilt im Innern mehr als die Hälfte und oft fast die ganze Längenausdehnung desselben in zwei seitliche und nicht voll-

ständig gesonderte Abschnitte. Der innere ist etwas kleiner als der äussere. Macht man einen passenden Längsschnitt mit einem scharfen Rasirmesser, so sieht man, wie Muskelfasern schief von dem Sehnenspiegel nach dem inneren Sehnenblatte emporsteigen und sich hier ansetzen. Da diese Verhältnisse für die Beurtheilung der elektromotorischen Eigenschaften des Wadenmuskels von Bedeutung sind, so muss ich den Leser, der sich für die Ergebnisse dieser Abhandlung näher interessirt, bitten, sich die eben angedeutete Anordnung der Muskelfasern und des Sehnenblattes durch die Untersuchung von ein paar Wadenmuskeln klarer zu machen, als dieses durch die Beschreibung und selbst durch Abbildungen geschehen könnte.

Wir wollen nun die Erscheinungen, welche mir die erste Klasse, d. h. die weitaus vorherrschende Mehrzahl der Frösche darbot, betrachten und die Abweichungen der Minorität der Muskeln erst am Schlusse anreihen.

Nimmt man die kleine obere (und äussere) Sehne des Wadenmuskels und die Achillessehne als Ableitungsstellen, so erhält man immer einen starken Ausschlag der Magnetnadel zu Gunsten der Ersteren*). Will man den übrigen grösseren Theil des Ansatzes oder Ursprunges des Wadenmuskels in völlig unversehrtem Zustande zur Ableitung benutzen, so verfährt man am Zweckmässigsten, wenn man das Oberschenkelbein aus dem Kniegelenke vorsichtig entfernt, alle Weichgebilde dicht über diesem abschneidet, den ganzen Bezirk von etwa noch zurückgebliebenen Bruchstücken von Muskelmassen sorgfältig reinigt und die freiliegende (untere) Gelenkfläche des Kniees zur Ableitung gebraucht. Man trennt anderseits die Achillessehne an ihrem unteren freien Theile nahe der Fusssohle los, hebt sie mit der Pincette empor, sondert die Innenfläche des Wadenmuskels von den übrigen Gebilden des Unterschenkels und schneidet diese dicht unter dem oberen Ansatze durch, so dass das Präparat nur aus dem Wadenmuskel, der Achillessehne und der unteren Hälfte des Kniees besteht. Der Strom geht dann wieder von dem oberen natürlichen Ende durch das Galvanometer nach unten. Man kann bei jener Präparationsweise den Stamm des Hüftnerven und alle oder wenigstens den grössten Theil der Fasern desselben, die sich in den Wadenmuskel begeben, unversehrt erhalten. Die durch die Tetanisation des Hüftnerven bedingte Muskelverkürzung

*) Vergl. schon E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. I. Berlin. 1848. 8. S. 497.

erzeugt dann eine negative Schwankung des eben vorhandenen Stromes des ruhenden Muskels. Sie kann einen Rückgang von mehr als 20^0 bei dem Gebrauche des halben Galvanometers herbeiführen.

Legt man zwei der zuletzt erwähnten Wadenmuskelpräparate desselben Frosches so aneinander, dass die Achillessehne des ersten die Kniegelenkfläche des zweiten berührt, so erhält man einen starken Strom, für den das frei liegende obere Ende den positiven Bezirk bildet. Die Nadel ging dann bisweilen bei dem Gebrauch des halben Galvanometer und der Nebenschliessung von 50^0 auf 0^0 zurück, wenn nur der Hüftnerv des einen der beiden Präparate tetanisirt wurde. Kehrt man eines der zwei Muskelpräparate um, so dass sich jetzt die beiden Kniegelenkflächen berühren und die zwei Achillessehnen die Ableitungsstellen bilden, so bemerkt man bei günstiger Zusammenlagerung höchstens einen Ausschlag von 10^0, wenn die Nadel in der vorigen Combination an die Hemmung ging; bei minder guter dagegen eine Ablenkung, die auf 40^0 bis 50^0 steigt. Die negative der Muskelverkürzung entsprechende Schwankung glich dann 10^0 bis 40^0. Fügt man endlich die zwei Achillessehnen an einander und leitet von den beiden Kniegelenkflächen ab, so giebt erst das ganze Galvanometer bei glücklicher Aneinanderlagerung einen Anschlag von 20^0 bis 40^0 und die negative Schwankung einen Rückschwung von 8^0 bis 10^0.

Der Sehnenspiegel des Gastrocnemius bekleidet fast genau die untere Hälfte der Hinterfläche des Muskels in manchen Fröschen, reicht dagegen in anderen weiter hinauf. Fassen wir diese Rückseite zunächst allein in's Auge, so erhält man einen aus schwachen und in der Regel von oben durch das Galvanometer nach unten gehenden Strom, wenn man von dem Kniegelenkstücke und ungefähr dem unteren Ende des ersten, d. h. des jenem zunächst gelegenen Fünftheiles der Rückseite des Wadenmuskels ableitet. Der Strom geht also dann von dem oberen natürlichen Ende durch den Multiplicator zu der von keinem Sehnenspiegel bekleideten natürlichen Längsfläche. Bedienen wir uns der bisher gebräuchlich gewesenen Ausdrucksweise, so hat man nicht den richtigen, sondern den umgekehrten Muskelstrom. Er ist hier bisweilen so schwach, dass z. B. der Gebrauch des ganzen Galvanometers einen ersten Ausschlag von 10^0 bis 15^0 und eine bleibende Ablenkung von 5^0 bis 8^0 giebt. Nimmt man das Ende des zweiten Fünftheiles statt des des ersten als Ableitungsstelle, so erhält man eine bedeutend grössere Ablenkung im Sinne

des umgekehrten Stromes. Das ganze Galvanometer giebt z. B. zuerst 60⁰ bis 70⁰ und die Nadel ruht endlich bei 30⁰ bis 45⁰. Verlegt man den unteren Berührungspunkt an das Ende des dritten Fünftheiles, das jedenfalls in dem oberen Abschnitte des Sehnenspiegels liegt, so vergrössert sich der Ausschlag in dem Sinne der früheren Stromesrichtung dermassen, dass die Nadel bei ganzem Galvanometer an die Hemmung und bei halbem bis 60⁰ oder 80⁰ geht, wenn der Muskel irgend kräftig ist. Versetzt man den Berührungspunkt an die Grenze des vierten und des letzten Fünftheiles, so erhält man noch stärkere Ausschläge. Eine weitere Verrückung der Berührungsstelle nach abwärts vergrössert sie noch mehr.

Es kam mir in einzelnen Fällen vor, dass das untere der natürlichen Längsfläche entsprechende Ende positiv erschien, wenn ich von dem Kniegelenke und der Hinterfläche des ersten Fünftheiles ableitete. Die Stromesrichtung schlug aber sogleich in die entgegengesetzte um, sowie ich weiter an der Hinterfläche hinabrückte, ohne dass ich deshalb erst den Sehnenspiegel selbst zu berühren brauchte.

Sondern wir die Vorderfläche des Wadenmuskels, in der eine grössere Masse von Muskelfasern unbedeckt zu Tage liegt, in fünf Längenabtheilungen, so wiederholt sich hier, wie es scheint, die Regel, dass der von oben durch den Galvanometerdraht nach unten gehende Strom um so stärker wird, je mehr man sich der Achillessehne nähert. Die Unsicherheit, die immer wegen des Wechsels der Berührungsstellen und der Leitungswiderstände vorhanden ist, bestimmt mich zu jener bedingten Ausdrucksweise. Längsfasern der nackten Muskelmasse, die meistentheils schief verlaufen, werden hier als unterer, das Kniegelenk als oberer Ableitungsbezirk benutzt. Jene bilden die negativen und diese die positiven Stellen. Man hat daher hier nie den nach der früheren Ausdrucksweise richtigen, sondern stets den umgekehrten Muskelstrom.

Nimmt man nicht das obere Ende, sondern die Achillessehne als beständigen und einen beliebigen Ort der Hinterfläche des Gastrocnemius als variablen Ableitungsbezirk, so geht der Strom immer von oben durch den Multiplicator nach unten, d. h. man erhält, wenn man freie Muskelmasse benutzt, einen sogenannten richtigen Muskelstrom. Es kam mir nur in einzelnen Präparaten vor, dass die Achillessehne positiv erschien, wenn ich den alleruntersten Abschnitt des fleischigen, von dem Sehnenspiegel bedeckten Theiles zur

oberen Ableitung benutzte. Zahlreiche andere Präparate lieferten diese Abweichung nicht. So viel ich sah, ist sonst die natürliche Längsfläche der Vorderseite des Wadenmuskels überall positiv im Verhältniss zur Achillessehne.

Hat man von dem Kniegelenke und der Mitte der Längsfläche abgeleitet, so dass die von keinem Sehnenblatte bedeckten Muskelfasern den negativen Bezirk abgeben, so liefert die durch die Tetanisation der Hüftnerven bedingte Zusammenziehung des Muskels eine negative Schwankung des jetzt vorhandenen Stromes. Behält man nun dieselbe Ableitungsstelle der Längsfläche bei, vertauscht aber das Kniegelenk mit der Achillessehne, so dass die natürliche Längsfläche zu dem positiven Bezirke wird, so erzeugt die Muskelverkürzung eine negative Schwankung des jetzt vorhandenen Stromes. Dasselbe wiederholt sich, wenn das Kniegelenk und die Achillessehne die Ableitungsstellen bilden. Die Muskelverkürzung bedingt mit einem Worte eine Abnahme des eben vorhandenen Stromes, ganz gleichgültig in welcher Richtung er dahingeht.

Ich sprach bisher nur von der Ableitung der äusseren Sehne des Gastrocnemius oder des Kniegelenkes, um die natürlichen Enden des Muskels in Betracht zu ziehen. Man hat aber nicht nöthig, diese Theile ausschliesslich zu benutzen, wenn man den richtigen und den entgegengesetzten Muskelstrom beliebig darstellen will. Ist der Wadenmuskel dicht an seinem oberen Ansatze getrennt worden, und wählt man diesen künstlichen Querschnitt oder einen anderen, den man einen halben bis einen ganzen Millimeter tiefer angelegt, zu der einen Berührungsstelle, so verhält sich dieser in allen geschilderten Versuchsarten wie ein oberes natürliches Ende. Wir begegnen also hier zum ersten Male der unerwarteten, von Budge gefundenen Thatsache, dass sich der obere künstliche Querschnitt des Wadenmuskels nicht als negativer, sondern als positiver Bezirk geltend macht. Ich muss dabei bemerken, dass man sich hier, wie in den später zu erwähnenden Fällen, wo das Gleiche wiederkehrt, mit der Lupe oder unter dem Mikroskop leicht überzeugt, dass man wahre Querschnitte oder genauer gesagt, auf der Längsaxe senkrechte oder schiefe Durchschnitte und nicht etwa Längsflächen umgelegter Muskelfasern vor sich hat.

Nimmt man ein Kniegelenkpräparat und macht einen künstlichen Querschnitt in der Nähe der Achillessehne, so verhält sich das Kniegelenk oder das obere Muskelende positiv zu jenem Querschnitte. Dasselbe wiederholt sich, wenn man

die Querschnitte immer höher oben angelegt hat, nur dass durchschnittlich die Grösse des Ausschlages mit dem Vorrücken des Querschnittes nach oben abnimmt. Arbeitet man an kräftigen Fröschen, so kann das Kniegelenk und ein dem oberen Ende des Wadenmuskels nahe gelegener künstlicher Querschnitt einen der Negativität des Letzteren entsprechenden Strom liefern, der sich noch bei dem Gebrauche des halben Galvanometers und der Nebenschliessung verräth.

Der umgekehrte Gang der Versuche lieferte mir keine so beständigen Ergebnisse. Nahm ich die Achillessehne als beständigen Ableitungsbezirk, gebrauchte dagegen als wechselnden künstliche Querschnitte, die ich nach und nach von dem oberen nach den unteren Ende zu anlegte, so verhielten sich die Letzteren in vielen Präparaten als positive, in Anderen dagegen als negative Bezirke. Die Zeit, welche der Querschnitt an der Luft liegt, kann hier einen sichtlichen Einfluss ausüben. Die Positivität, die er im Anfange hatte, verliert sich später, und erst ein neuer Querschnitt stellt sie wiederum her.

Bildet in solchen Fällen der künstliche Querschnitt den positiven Bezirk, so scheinen die Ausschläge um so mehr abzunehmen, je näher er der Achillessehne liegt. Da ihn das innere Sehnenblatt in zwei Abtheilungen trennt, so habe ich den Querschnitt einer jeden gesondert geprüft. Der positive Charakter bewährte hier auch dann in den einzelnen passenden Präparaten. Die einzige Ausnahme bestand darin, dass der künstliche Querschnitt ganz nahe an der Achillessehne in Bezug auf diese negativ erschien. Untersuchte ich dann die diesem Querschnitt entsprechende Schnittfläche des anderen oberen Stückes des Muskels und das Kniegelenk, so bildete dieses die positive Ableitungsstelle.

Betrachten wir nun zunächst nur die äussere Oberfläche des Wadenmuskels des Frosches, so erhalten wir: das obere natürliche Ende, die frei zu Tage liegende Längsfläche der Muskelmasse und das untere natürliche Ende als absteigende Spannungsreihe. Da die natürliche Längsfläche das zweite Glied bildet, so folgt, dass man sie beliebig zu dem positiven oder dem negativen Ableitungsbezirke machen kann, je nachdem man das untere oder das obere natürliche Ende zur zweiten Berührungsstelle wählt. Dieselbe Doppelrolle lässt sich aber auch dem passend geführten künstlichen Querschnitt in geeigneten Präparaten zutheilen. Man kann leicht durch eine entsprechende Anordnung der drei Zuleitungsschnüre, die man mit dem oberen, dem unteren Ende und der natürlichen

Längsfläche des Wadenmuskels verbindet, eine zu Vorlesungsversuchen passende Combination herstellen, bei der sich die zwei entgegengesetzten Ströme dermassen ausgleichen, dass selbst das ganze Galvanometer kaum 5^0 Ausschlag giebt. Schwächt man den durch den Multiplicator gehenden Theil des einen Stromes durch das Anbringen einer gut leitenden Nebenschliessung, so schlägt sogleich die Nadel in dem Sinne des anderen Stromes lebhaft aus.

Die Untersuchungen, welche ich über die gegenseitigen Beziehungen zweier Querschnitte des Wadenmuskels des Frosches anstellte, sind im Ganzen unvollständiger geblieben, weil der verwickelte innere Bau des Gastrocnemius die klare Uebersicht dessen, was man vor sich hat, häufig hindert und die Querschnitte selbst unter dem Einflusse der Luft während der Versuchszeit öfters leiden. Theilt man den Muskel durch einen Querschnitt, der ungefähr auf der Mitte der Länge nahezu senkrecht steht, also der sogenannten Aequatorialebene entspricht, in zwei Stücke, so ist der künstliche Querschnitt der oberen Abtheilung negativ in Bezug auf das obere und der der unteren positiv im Verhältniss zu dem unteren natürlichen Ende. Dasselbe wiederholt sich häufig, wenn man nach und nach immer mehr von der oberen Hälfte in der Richtung von oben nach unten und von der unteren in der von unten nach oben abträgt. Viele Ausnahmen hiervon hören auf, wenn man die Untersuchung unmittelbar nach der Anlage eines neuen Querschnittes vornimmt.

Taucht man das an der Achillessehne befindliche Ende des Wadenmuskels in eine concentrirte Kochsalzlösung, so verstärkt sich bekanntlich der sogenannte richtige Muskelstrom, den die natürliche Längsfläche und die Achillessehne geben, in auffallendem Grade. Man erklärt dieses daraus, dass das Kochsalz die aus dipolaren Molekülen bestehende parelektronomische Endschicht des Muskels zerstört, so dass die peripolaren Moleküle der übrigen Muskelmasse einen freieren Spielraum gewinnen. Rührte nun der umgekehrte Muskelstrom, den die natürliche Längsfläche und das obere natürliche Ende des Wadenmuskels geben, von einer parelektronomischen Schicht her, die nur an jenem oberen Ende befindlich ist, so müsste man schon nach kurzem Eintauchen in Salzwasser den richtigen statt des umgekehrten Stromes erhalten. Die Erfahrung entspricht dieser Erwartung nicht.

Ich liess Gastrocnemii frisch getödteter Frösche oder solcher, die vor 24 Stunden getödtet worden, deren Muskeln aber noch reizbar waren, genau 5 Minuten lang in einer concen-

trirten Kochsalzlösung von + 12°C und eben so lang in ungefähr einem Liter reinen Wassers liegen. Die positive Beschaffenheit des oberen Endes gegenüber dem unteren oder in Bezug auf die natürliche Längsfläche hatte sich mit dem grössten Nachdrucke erhalten. Die Nadel ging oft an die Hemmung, wenn man das halbe Galvanometer mit der Nebenschliessung gebrauchte.

Ein zwei Tage alter, aber noch in auffallendem Grade neuroelektrisch reizbarer Gastrocnemius, der die gewöhnliche positive Beziehung des oberen Endes zu der natürlichen Längfläche darbot, gab einen stärkeren Ausschlag in dem Sinne des richtigen Muskelstromes, nachdem sein unteres Drittheil genau eine Minute lang in concentrirter Salzlösung gehalten, mit reinem Wasser ausgewaschen und mit Längsfläche und Achillessehne aufgelegt worden. Schnitt man den Bezirk, welcher der Kochsalzlösung ausgesetzt gewesen, ab, so erschien der künstliche Querschnitt desselben positiv zur Achillessehne. Die Nadel lieferte aber nur eine schwache Ablenkung. Sie wiederholte sich mit der gleichen Richtung, nachdem das Präparat von Neuem eine Minute lang in Salzwasser gelegen hatte und hierauf ausgewaschen worden. Unterwarf man den übrigen (oberen) Theil des Wadenmuskels der gleichen Behandlung, so verlor sich hierdurch die neuromuskuläre und die idiomuskuläre Empfänglichkeit, nicht aber die positive Beziehung des oberen Endes zu der natürlichen Längsfläche der Vorder- oder der Hinterseite oder dem vorhandenen (unteren) künstlichen Querschnitte.

Ich tauchte das obere Ende des Wadenmuskels eines kurz vorher getödteten Frosches eine Zeit lang in concentrirte Kochsalzlösung und wusch das Präparat in mehrfach gewechseltem Wasser aus. Hatte ich mich überzeugt, dass die natürliche Längsfläche in Bezug auf das obere Ende negativ war, so bewahrte ich das Präparat 24 Stunden in der Unterleibshöhle des Thieres, von dem es genommen war. Der frühere umgekehrte Muskelstrom kehrte dann wieder, obgleich keine Spur von neuromuskulärer oder idiomuskulärer Zusammenziehung existirte. Legte ich zwei Querschnitte an, die von den beiden natürlichen Enden des Muskels ungefähr gleich weit abstanden, so erschien der obere positiv im Verhältniss zu dem unteren.

Liess ich Frösche, deren Gehirn und Rückenmark zerstört worden, vier Tage lang in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume liegen, so dass indessen alle Reizbarkeit geschwunden war und die Thiere einen starken Fäulnissgeruch verbreiteten,

so zeigte sich nicht selten die Achillessehne positiv in Bezug auf das obere Ende. Dieses Letztere erschien aber dessen ungeachtet immer noch positiv im Verhältniss zu der natürlichen Längsfläche der vorderen oder der hinteren Seite des Muskels. Der richtige Muskelstrom, den sonst die Aussenfläche liefert, hatte sich daher in Folge der Fäulniss umgekehrt, nicht aber der entgegengesetzte. Ich stiess auf andere Präparate, die zugleich die Umkehr der letzteren Stromesart darboten. Es gab hierbei zwei Klassen. Die Umkehr zeigte sich in der einen für jede beliebige Stelle der natürlichen Längsfläche, in der anderen dagegen nur für einzelne Orte derselben. Die Achillessehne verhielt sich dann immer positiv zur Letzteren. Die Eintauchung des unteren Abschnittes des Wadenmuskels in concentrirte Kochsalzlösung und das spätere Auswaschen mit Wasser änderten in einzelnen Präparaten die durch die Fäulniss umgekehrte Stromesrichtung nicht, während sie die ursprüngliche Richtung in anderen herstellten. Ich legte ein Mal einen ganzen Wadenmuskel in die Salzlösung. Der Strom des lebenden Muskels kehrte hierdurch nur in sofern wieder, als dann das obere Ende positiv in Bezug auf das untere war, während sich vorher das Umgekehrte gezeigt hatte. Die natürliche Längsfläche blieb aber posisiv zu dem oberen, wie dem unteren Muskelende.

Man würde irren, wenn man diese in dem Wadenmuskel auftretenden eigenthümlichen Beziehungen auf andere Muskeln übertrüge. Bleiben wir bei dem Frosche stehen, so spricht schon ein einfacher an dem Sartorius anzustellender Versuch gegen eine bedingungslose Anwendung der erwähnten Erscheinungen. Wir haben gesehen, dass man Stücke von verhältnissmässig grosser Länge von dem oberen Ende des Wadenmuskels des Frosches abtragen kann, ohne dass die Positivität des künstlichen Querschnittes gegenüber der natürlichen Längsfläche aufhört. Der grösstentheils parallel- und geradfasrige, von keiner inneren Sehne durchzogene Sartorius liefert andere Ergebnisse. Hat man hier einen künstlichen Querschnitt, ganz nahe dem oberen Ansatze oder in der Nachbarschaft des unteren Ende angelegt, so erscheint er eben so gut, wie jeder in dem übrigen Verlaufe gemachte künstliche Querschnitt negativ in Bezug auf die natürliche Längsfläche. Man hat also den richtigen Muskelstrom fast längs der ganzen Ausdehnung der Muskelmasse. Ich sage fast, weil es mir hin und wieder gelang, den umgekehrten Muskelstrom an dem reizbaren Sartorius zu erhalten, wenn ich die untere Sehne vorsichtig herauspräparirte, und diese und die natür-

liche Längsfläche zur Ableitung benutzte. Man kann also auch hier den umgekehrten Muskelstrom in Einzelfällen erzeugen. Der dem natürlichen Endstücke entsprechende, verhältnissmässig positive Bezirk ist aber ausserordentlich kurz, viel kürzer als der scheinbar entsprechende obere Theil des Gastrocnemius, ja so klein, dass man nicht beweisen kann, dass er mehr als eine unmerkliche Dicke habe. Dieser Unterschied muss uns wieder zu dem Wadenmuskel zurückführen. Wir wollen, so weit es mir möglich war, zu verfolgen suchen, welche Einflüsse der verwickelte Faserverlauf und das in dem Innern befindliche Sehnenblatt auf die oben geschilderten Erscheinungen des Wadenmuskels ausüben.

Macht man einen Querschnitt ungefähr vier Millimeter von dem oberen Ansatze des Wadenmuskels eines mittelgrossen Frosches entfernt, so ist das obere Ende positiv gegen die natürliche Längsfläche und ebenso gegen den künstlichen Querschnitt, der schon einen Theil des obersten Ausläufers des inneren Sehnenblattes enthält. Dieses Letztere trennt dann zwei Abtheilungen, eine innere kleinere und eine äussere grössere in dem künstlichen Querschnitte des unteren Bruchstückes. Wir überzeugen uns z. B. dass die innere Abtheilung des künstlichen Querschnittes im Verhältniss zu der frei zu Tage liegenden natürlichen Längsfläche der Vorderseite des Muskels positiv ist, dass man also den umgekehrten Muskelstrom hat. Nun trennen wir eine ziemlich lange Parthie dieser inneren Abtheilung so los, dass der Schnitt in einer Entfernung von einem bis zwei Millimetern von dem Sehnenblatte bei seiner grössten Annäherung an dasselbe vorübergeht. Das Bruchstück enthält also einen grossen Theil des früheren künstlichen Querschnittes der inneren Abtheilung, eine gewisse Ausdehnung der natürlichen Längsfläche und die Schnittfläche der eben erwähnten Lostrennung. Hat man diese hinreichend weit von dem inneren Sehnenblatte vollführt, so wird man bemerken, dass jetzt die natürliche Längsfläche nicht mehr negativ, sondern stark positiv zu dem früher schon geprüften künstlichen Querschnitte der inneren Abtheilung ist. Man kann vor und nach der Lostrennung genau die gleichen Punkte der natürlichen Längsfläche und des künstlichen Querschnittes prüfen und wird den umgekehrten Strom in dem ersten und den richtigen in dem zweiten Versuche finden.

Da sich die gleiche Doppelbeobachtung an der äusseren Abtheilung des Wadenmuskels anstellen lässt, so folgt, dass nicht der ganze obere künstliche Querschnitt an und für sich

positiv im Verhältniss zur natürlichen Längsfläche ist. Diese Wirkung rührt vielmehr nur von den an dem inneren Sehnenblatte befindlichen Abschnitten der Muskelfasern her. Sie überwiegt über die entgegengesetzte, welche die weiter entfernt liegenden künstlichen Querschnitte der Muskelfasern darbieten.

Ein anderer Versuch würde noch belehrender ausfallen, wenn man bei dem verwickelten Baue des Wadenmuskels klar übersehen könnte, ob und welche Veränderungen die etwa vorhandenen übrigen Massen ausüben. Ich kann daher nur das, was mir als Regel vorkam, schildern, bemerke aber ausdrücklich, dass man hin und wieder auf Ausnahmen stösst.

Man macht einen Längsdurchschnitt durch den Wadenmuskel mit einem scharfen Rasirmesser, nachdem man vier bis fünf Millimeter von der obersten Abtheilung abgetragen hat. Das innere Sehnenblatt bildet dann eine der Länge nach dahingehende Scheidewand. Man sieht, dass die meisten freiliegenden Muskelfasern von dem äusseren Sehnenspiegel nach dem inneren Sehnenblatte in der Richtung von unten nach oben dahingehen, um sich an dieses anzusetzen. Verbindet man einen unteren Punkt dieser künstlichen Längsfläche, der in der Mitte des Verlaufes der schiefen Muskelfasern liegt, mit einem oberen in unmittelbarer Nachbarschaft des Sehnenblattes oder mit diesem selbst, so erscheint der Letztere im Verhältniss zur künstlichen Längsfläche des Muskels positiv. Nimmt man denselben Punkt der Letzteren und den ihren schiefen Muskelfasern entsprechenden unteren Punkt des Sehnenspiegels, so ist dieser Letztere negativ im Verhältniss zur künstlichen Längsfläche. Man hat also hier wieder etwas Aehnliches, wie an der Aussenseite des Wadenmuskels. Die absteigende Spannungsreihe ist: obere Stelle des inneren Sehnenblattes und die ihm benachbarte Abtheilung der Muskelmasse, künstliche Längsfläche der schief nach unten und gegen die Aussenfläche hinabsteigenden Muskelfasern und endlich das natürliche untere Ende der Letzteren an den äusseren Sehnenspiegel. Die Verbindung des ersten und des zweiten Bezirkes giebt den umgekehrten und die des zweiten und des dritten den richtigen Muskelstrom.

Es versteht sich hiernach von selbst, dass ein oberer Punkt des inneren Sehnenblattes positiv in Bezug auf einen unteren des äusseren Sehnenspiegels oder der unmittelbaren muskulösen Nachbarschaft ist. Die Erfahrung bestätigt diese Folgerung. Verband ich dagegen eine obere oder mittlere Stelle des äusseren Sehnenspiegels mit dem untersten Bezirke des inneren Sehnen-

blattes, so erschien das Letztere negativ. Die Ausschläge wurden bisweilen erst bei dem Gebrauche des ganzen Galvanometers kenntlich.

Man kann sich in glücklichen Fällen überzeugen, dass die Massen, welche die Positivität in der Nachbarschaft des inneren Sehnenblattes bedingen, eine merkliche Ausdehnung haben. Der Versuch misslingt aber eben so häufig als er gelingt. Die Lostrennung von dem Sehnenblatte hebt nämlich in dem letzteren Falle die Positivität der hierdurch erzeugten künstlichen Querschnitte gegenüber der künstlichen Längsfläche nur dann auf, wenn sie mehr als ein Millimeter von der Sehnenmasse entfernt durchgeführt wurde.

Der Wadenmuskel des Frosches ist nicht der einzige Muskel dieses Thieres, der den richtigen oder den umgekehrten Strom geben kann, je nachdem man von verschiedenen Stellen seiner Oberfläche ableitet. Ein Muskel, der sich zu ähnlichen Beobachtungen zu eignen pflegt, ist der Semitendinosus. Ich verstehe hierunter nicht den zweiköpfigen Muskel, den Carus und seine Nachfolger als Semitendinosus deuten, sondern diejenige Muskelmasse, die Zenker*) als Flexor externus tibiae aufführt und die dem Semitendinosus des Menschen noch am meisten entspricht, wenn man dessen Analogon im Frosche aufsuchen will. Er entspringt von dem hintersten Theile des aufsteigenden Astes des Sitzbeines mit einer starken oberen Anfangssehne, wird dann rund und muskulös und heftet sich mit seiner unteren Endsehne an die hintere Seite des äusseren Gelenkknorrens des Schienbeines. Liegt der Frosch auf dem Bauche, so findet man den Muskel leicht dicht nach aussen und über dem Oberschenkeltheile des Hüftnerven.

Die Prüfungen, die ich anstellte, lieferten die verschiedensten Ergebnisse. Einzelne im Frühjahre frisch eingefangene Frösche enthielten ausnahmsweise Semitendinosi, deren natürliche Längsfläche positiv zu jeder der beiden Endsehnen war. Die Ableitung von der oberen und der unteren Sehne eines überwinterten kräftigen Frosches gab einen so schwachen Ausschlag zu Gunsten der oberen, dass die erste Nadelablenkung nur 28° bei dem Gebrauche des ganzen Galvanometers betrug. Die obere Sehne erschien dessenungeachtet noch positiv in Vergleich zur natürlichen Längsfläche. Der Ausschlag glich aber nur 4° an dem ganzen Galvanometer. Machte man dagegen einen künstlichen Querschnitt, kaum zwei Millimeter

---

*) J. C. Zenker, Batrochomyologia. Jenae. 1825. 4. p. 42. Tab. II. Fig. III. 46.

von der Verbindung der oberen Sehne mit der Muskelmasse entfernt, so war die Längsfläche diesem Querschnitte gegenüber so stark positiv, dass sich der Strom schon bei dem Gebrauche des halben Galvanometers und der Nebenschliessung verrieth.

Die meisten anderen Exemplare von Semitendinosis frisch eingefangener oder überwinterter Frösche lieferten entschiedenere Ergebnisse in Betreff der Sehnenenden. Der stärkere d. h. der positive Bezirk zeigte sich bald an dem oberen und bald an dem unteren. Ich glaubte im Anfange, dass die Präparationsweise diesen Unterschied bedinge. Hatte ich nämlich den Muskel an dem unteren Sehnenende angefasst, so war zufällig in meinen ersten Beobachtungen das obere, und ging ich bei der Präparation von dem oberen aus, so war das untere Ende das positive. Die weitere Verfolgung des Gegenstandes lehrte aber, dass hier eine Täuschung obwaltete. War z. B. die Gegend der unteren Sehne angefasst und waren selbst Misshandlungen dieses unteren Bezirkes nicht vermieden worden, so erwies sie sich doch als der positive Ableitungsbezirk in nicht wenigen Fällen.

Untersucht man einen Semitendinosus, in dem der elektrische Gegensatz beider natürlichen Enden lebhaft hervortritt, so erhält man schon beträchtliche Ausschläge mit halbem Galvanometer. Der Muskel eignet sich dann auch in der Regel, den richtigen und den entgegengesetzten Strom nach Belieben hervorzurufen. Man hat nämlich die Spannungsreihe: obere Sehne, natürliche Längsfläche und untere Sehne, oder untere Sehne, Längsfläche und obere Sehne. Die Grösse der Ausschläge kann beträchtlich wechseln. Ich hatte Semitendinosi, deren umgekehrter Muskelstrom kaum eine erste Ablenkung von 10^0 bei ganzem und andere, in denen er 60^0 bei halbem Galvanometer gab.

Ein längerer Aufenthalt in concentrirter Kochsalzlösung kann die verhältnissmässig positive Beschaffenheit des einen Sehnenendes beträchtlich verringern oder in die negative in Vergleich zur Längsfläche überführen. Ich bediene mich absichtlich dieser Ausdrucksweise, weil mir auch das Gegentheil vorgekommen.

Ein an dem unteren Ende bei dem Herauspräpariren gehaltener Semitendinosus lieferte das Ergebniss, dass sich dieses untere Ende positiv in Bezug auf die natürliche Längsfläche der oberen Muskelhälfte verhielt. Das halbe Galvanometer gab einen ersten Ausschlag von 22^0. Verband man das untere Sehnenende mit der natürlichen Längsfläche der Unterhälfte des Muskels, so wiederholte sich die Positivität des Ersteren

und die erste Ablenkung glich sogar 42°. Ich tauchte hierauf das untere Dritttheil des Muskels genau 60 Secunden in concentrirte Kochsalzlösung und wusch es dann mit reinem Wasser möglichst aus. Das untere Sehnenende hatte dessenungeachtet seine positive Beschaffenheit gegenüber der Längsfläche beibehalten. Mit der der oberen Muskelhälfte verbunden gab das halbe Galvanometer 34° und mit der unteren 50°. Nun wurde ein zwei Millimeter langes Stück von dem unteren natürlichen Ende abgetragen. Dieser künstliche Querschnitt, der positiv in Bezug auf die natürliche Längsfläche war, lieferte 34° bei halbem Galvanometer. Hatte er eine Zeit lang an der Luft gelegen, so verlor er diese Eigenschaft. Wurde er dann mit der natürlichen Längsfläche verbunden, so blieb die Nadel in der ersten Zeit ruhig. Wiederholte man später den Schluss, so zeigte das ganze Galvanometer 4° bis 6° zu Gunsten der Positivität der Längsfläche.

Diese Erfahrung lehrt zugleich, dass Semitendinosi vorkommen, in denen, um mich so auszudrücken, die Positivität bis zwei Millimeter in die Muskelmasse hineinreicht. Man findet auch hier den Fall, dass sich ein Sehnenblatt in diese hineinzieht und kann wiederum den Einfluss desselben in günstigen Fällen nachweisen.

Ich hatte z. B. einen an dem unteren Ende herauspräparirten Semitendinosus, dessen obere Sehne im Verhältniss zur natürlichen Längsfläche negativ, die untere dagegen positiv war. Ein künstlicher $1^1/_2$ Millimeter von dem unteren Ende entfernter Querschnitt erschien noch positiv im Vergleich zur Mitte der natürlichen Längsfläche. Das ganze Galvanometer gab 24°. Ich entfernte nun vorsichtig das Sehnenblatt, das sich im Innern eine Strecke von etwa 2 Mm. hinaufzog nebst den benachbarten Endstücken der Muskelfasern. Der früher geprüfte Theil des künstlichen Querschnittes war jetzt im Verhältniss zur Mitte der natürlichen Längsfläche negativ. Der Ausschlag betrug mehr als 20°.

Der Tibialis anticus des Frosches zeigte mir als gewöhnlichen Fall, dass seine obere in der Nähe des Kniegelenkes angeheftete Sehne im Verhältniss zur natürlichen Längsfläche positiv war. Der erste Ausschlag pflegte dann 8° bis 30° am halben Galvanometer zu betragen. Er erreichte aber auch bisweilen 60°. Man konnte häufig 1 bis 2 Millimeter von der Muskelmasse dicht unter der oberen Sehne abschneiden, ohne dass der künstliche Querschnitt aufhörte gegenüber der natürlichen Längsfläche positiv zu sein. Doch kam mir auch das Gegentheil und zwar schon nach der Entfernung von nur einem

Millimeter Muskelsubstanz vor. Die Nadel schlug aber nur z. B. um 12⁰ bei dem Gebrauche des ganzen Galvanometers aus. Andererseits stösst man bisweilen auf Tibiales, in denen die starke positive Beschaffenheit des künstlichen Querschnittes sehr weit nach unten zu anhält. Zwei Beispiele mögen das Nähere erläutern.

Der Tibialis eines im Frühjahre frisch eingefangenen Frosches lieferte einen Ausschlag von 52⁰ am halben Galvanometer, wenn man sein oberes positives Sehnenende mit der natürlichen Längsfläche der Mitte des Muskels verband. Dieser Punkt wurde nun als beständige Ableitungsstelle in den späteren Versuchen benutzt. Hatte ich ein Millimeter Länge von der obersten Muskelmasse abgetragen, so gab der künstliche Querschnitt eine seiner Positivität entsprechende Ablenkung von 46⁰ an dem halben Galvanometer. Ein neuer Querschnitt zwei bis drei Millimeter tiefer lieferte noch 10⁰ und ein neuer noch ein bis zwei Millimeter tiefer sogar 20⁰. Ich konnte kein grösseres durchsetzendes Sehnenblatt an den beiden letzten künstlichen Querschnitten mit der Lupe erkennen.

Ein anderer Tibialis eines überwinterten Frosches gab 60⁰ am halben Galvanometer, wenn man die obere und die untere Sehne verband. Jene lieferte den positiven Bezirk. Das obere Sehnenende war mit 28⁰ des halben Galvanometers positiv gegenüber der Mitte der natürlichen Längsfläche; diese dagegen mit 34⁰ positiv in Vergleich zu dem unteren Sehnenende. Ich durchschnitt hierauf die Muskelmasse vier Millimeter unterhalb des oberen Sehnenendes. Verband ich diesen künstlichen Querschnitt mit der natürlichen Längsfläche, so erschien jener positiv mit 24⁰ Anschlag am halben Galvanometer. Machte ich einen neuen Querschnitt einen Millimeter tiefer, so blieb auch dieser positiv zur Längsfläche und gab 16⁰. Ich konnte keine Spur eines durchgehenden Sehnenblattes auf diesem Querschnitte mit bewaffnetem Auge bemerken. Wurde ein neuer Querschnitt 1 und ein fernerer noch 1½ Mm. tiefer angelegt, so erhielt ich die Positivität desselben. Für den letztern 2½ Mm. von dem vorletzten entfernten Querschnitt ergaben sich 24⁰. Erst ein Querschnitt, den ich noch 1 Mm. tiefer gemacht hatte, hob die Positivität der künstlichen Querschnittsfläche in der Art auf, dass die Verbindung der natürlichen Längsfläche 6⁰ Anschlag am ganzen Galvanometer gab.

Diese letzte Art von Erfahrungen kehrt übrigens in vielen anderen Fällen im Frosche und in den Säugethieren wieder. Entfernt man sich nämlich von einem Bezirke, dessen künstlicher Querschnitt stark positiv im Verhältniss zur natürlichen

Längsfläche ist, so stösst man auf einen künstlichen Querschnitt, der zwar negativ in Vergleich mit der natürlichen oder künstlichen Längsfläche erscheint. Der Nebenstrom, den das Galvanometer angiebt, ist aber so schwach, dass man nur wenige Grade Ausschlag bei dem Gebrauch von 30,000 Windungen erhält. Bedenkt man nun, welche starke Nebenströme die Längsfläche und der künstliche Querschnitt sonst liefern, so wird man schliessen, dass jene schwache Ablenkung eine Folge von Compensationsverhältnissen ist. Der geprüfte künstliche Querschnitt und seine Nachbartheile enthalten wahrscheinlich eine Mischung relativ positiver und negativer Bezirke, von denen nur die Letzteren ein geringes Uebergewicht besitzen.

Der Peroneus des Frosches führt zu ähnlichen Erfahrungen, wie sie von dem Tibialis angegeben wurden.

Wir haben bis jetzt die Erscheinungen kennen gelernt, welche die weitaus grössere Menge der zu unserer ersten Klasse gehörenden Frösche darboten. Die der zweiten Klasse zuzureihenden Ausnahmsthiere, die sämmtlich im Frühjahre frisch eingefangen waren, lieferten die Eigenthümlichkeit, dass die starke Positivität des inneren Sehnenblattes des Wadenmuskels mangelte. Machte man den oben (S. 219) beschriebenen Längsschnitt durch die Muskelmasse, und verband eine untere Stelle der künstlichen Längsfläche der schief aufsteigenden Muskelfasern mit einer oberen des Durchschnittes des inneren Sehnenblattes, so erschien das Letztere nicht positiv, sondern negativ. Dasselbe wiederholte sich sogar, wenn man den dem untersten Bezirke der Muskelfaser entsprechenden Theil des äusseren Sehnenspiegels statt der künstlichen Längsfläche als zweite Ableitungsstelle gewählt hatte. Man fand als absteigende Spannungsreihe: natürliches äusseres Ende (an dem Sehnenspiegel), künstliche Längsfläche und natürliches inneres und oberes Ende (an dem inneren Sehnenblatte), während sonst das dritte Glied als das erste und das erste als das dritte erscheint. Ist es nun richtig, dass die im Verhältniss zur Längsfläche positive Beschaffenheit des oberen künstlichen Querschnittes des Gastrocnemius von den an dem inneren Sehnenblatte befindlichen Muskelenden herrührt, so muss jener in diesen Fröschen der zweiten Klasse negativ und nicht positiv sein. Die Erfahrung bestätigte diesen Schluss. Machte ich einen künstlichen Querschnitt 3 bis 6 Millimeter unterhalb des oberen Ansatzes des Wadenmuskels, so war diese Querschnittsfläche negativ in Bezug auf die natürliche Längsfläche und positiv in Vergleich mit der Achillessehne.

Es kam mir vor, dass solche Frösche zweiter Klasse Semitendinosi darboten, deren natürliche Längsfläche positiv in Verhältniss zu jedem der beiden Sehnenenden erschien. Da aber meine Prüfungen an zu wenigen Fröschen gemacht werden konnten, so weiss ich nicht, ob dieses die Regel bildet oder nicht. Eine Asymmetrie in den Verhältnissen beider Seiten habe ich an dem Gastrocnemius nicht wahrgenommen. Mochte der Muskel des rechten Beines in seinen elektromotorischen Eigenschaften normal oder umgekehrt erscheinen, so kehrte auch das Gleiche an dem des linken wieder.

Was die Stromlosigkeit der Verbindung zweier Punkte der Längsfläche betrifft, die gleich weit von der Aequatorialebene abstehen, so kann ich nur Negatives nach meiner Erfahrung angeben. Meine Untersuchungen beziehen sich auf den Sartorius und den Rectus internus des Frosches. Ich machte die Querschnitte möglichst nahe den natürlichen Anheftungen, doch so, dass sie, die auf der Längsaxe des Muskels nahezu senkrecht standen, ungefähr die gleiche Breite hatten. Nun wurde der Mukel auf dem oben erwähnten Guttaperchagestell so aufgelegt, dass er eine möglichst ebene regelmässige Figur darbot. Ich bestimmte den Aequator und die Abstände der geprüften Stellen entweder mit dem Zirkel, oder häufiger durch eine in einiger senkrechten Entfernung befindliche wagerechte Glasplatte, die eine Theilung nach Millimetern enthielt. Der obere Querschnitt wurde auf den Nullpunkt eingestellt und jede Ablesung mit möglichster Vermeidung der Parallaxenfehler auf ihn zurückgeführt. Nun wechselte ich die Ableitungsstellen sowohl in Bezug auf die Länge als die Breite der freien Oberfläche des Muskels, und brauchte Verbindungsschnüre mit breiteren oder schmaleren berührenden Endflächen. Ich stiess dabei z. B. auf Sartorii, die immer beträchtliche Anschläge am halben Galvanometer lieferten, ich mochte die Ableitungspunkte symmetrisch zur Aequatorialebene oder nicht, von gleichem oder ungleichem gegenseitigen Längenabstande, in einer der in der Mitte der Breite gedachten Längsaxe des Muskels parallelen oder sie schief schneidenden Geraden nehmen. Ich habe in einzelnen Muskeln die mannigfachsten berechneten oder zufälligen Combinationen je zweier Oberflächenpunkte durchgemacht, ohne auch nur ein Mal auf eine Verbindung zu stossen, die nicht eine Nadelablenkung bei dem Gebrauche von 15,000 Windungen darbot. Die früheren hiervon abweichenden Ergebnisse, welche Du Bois erhielt, rühren vielleicht davon her, dass ein Multiplicator mit einer geringeren Anzahl von Windungen gebraucht wurde.

Gehen wir zu den Säugethieren über, so wollen wir mit den Murmelthieren beginnen. Die, welche ich benutzte, befanden sich am Ende des Winterschlafes. Ich stellte die Beobachtungen zwei Jahre hinter einander immer in den ersten Tagen des Aprils an. Die Erstarrung hatte also vier bis fünf Monate gedauert. Ich tödtete die Thiere durch Umschnürung der Luftröhre. Dieser Eingriff zog nicht Krämpfe der Körpermuskeln, wie in wachen Geschöpfen nach sich. Man hatte nur einzelne tiefere, nach Pausen von mehreren und selbst von 10 bis 15 Minuten wiederkehrende Einathmungen und konnte erst durch den Mangel von diesen auf den Tod des Thieres schliessen. Sonst trat keine Regung trotz aller Verletzungen auf. Ich begann die Präparation und die galvanometrische Prüfung der Muskeln sogleich nach der Umschnürung der Luftröhre. Die Entfernung der Haut, das Loslösen und Ausschneiden eines Muskels, die Trennung eines Nervenstammes, wie des Hüftnerven oder eines Astes des Achselgeflechtes zog höchstens eine tiefere Einathmung und auch diese nicht immer, sonst dagegen kein äusseres Reactionszeichen nach sich. Begann ich die Untersuchung zwischen 7 und 8 Uhr Morgens, so konnte ich noch Abends gegen 6 Uhr ausgeschnittene Präparate anfertigen, die nach dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven oder Muskels antworteten, d. h. sie gaben nur Schliessungs- und keine Oeffnungszuckungen, wenn man nicht zu starke Ströme gebrauchte und diese durch den Bewegungsnerven des Präparates oder den Muskel selbst gehen liess. Es versteht sich von selbst, dass man unter diesen Verhältnissen nur vollkommen reizbare Stücke an das Galvanometer brachte, wenn man auch die Untersuchung von früh bis Abends fortsetzte. Alle meine Beobachtungen beziehen sich auf jüngere Murmelthiere, deren Körpergewichte zwischen einem und zwei Kilogrammen lagen.

Ich entblösste z. B. die Vorderarmmuskeln 14 Minuten nach der Umschnürung der Luftröhre. Klopfte ich mit dem Messerrücken auf den Extensor carpi ulnaris, so folgte, so weit man es von aussen beurtheilen konnte, eine kräftige Verkürzung, die an dem oberen Ansatze des Muskels begann und von da gegen die Anklopfungsstelle ablief. Die Letztere erzeugte unmittelbar darauf einen Querwulst, wie er die idiomusculäre Zusammenziehung charakterisirt, der sich nach 1 bis 2 Minuten wiederum ausgeglichen hatte. Der untere Theil des Muskels blieb merkwürdiger Weise vollkommen ruhig zu allen Zeiten. Ich schnitt hierauf diesen Extensor carpi ulnaris so aus, dass ein langer Sehnenfaden oben und

unten übrig blieb. Die untere Sehne war positiv gegenüber der natürlichen Längsfläche des Muskels, man mochte die Ableitungsstelle in der oberen oder der unteren Hälfte desselben nehmen. Dieser umgekehrte Muskelstrom kehrte immer wieder, die geprüften Stellen der Längsfläche mochten der vorderen, der inneren, der hinteren oder der äusseren Fläche des Muskels angehören. Die natürliche Längsfläche verhielt sich dagegen positiv zu dem oberen Sehnenende.

Der Muskel wurde später, nachdem er seine neuro- und seine idiomusculäre Empfänglichkeit eingebüsst hatte, in der Mitte seiner Länge durchschnitten. Der künstliche Querschnitt erschien dann positiv in Verhältniss zu jedem der beiden Sehnenenden. Da mich dieses Ergebniss befremdete, so wiederholte ich die Prüfung eine Reihe von Malen, ohne auch nur in einem Falle zu einem anderen Ergebnisse zu gelangen. Der Querschnitt erschien ebenfalls positiv in Verhältniss zur natürlichen Längsfläche, diese mochte der oberen oder der unteren Muskelhälfte angehören. Prüfte man zuletzt die Längsfläche und die untere Sehne, so war die Letztere sehr schwach positiv. Der Muskel hatte noch, wie es schien, seine frühere Weichheit und Biegsamkeit, nachdem diese Beobachtungen beendigt waren.

Der Flexor carpi ulnaris, den ich $1^1/_3$ Stunden nach der Umschnürung der Luftröhre vornahm, gab als absteigende Spannungsreihe: die natürliche Längsfläche, das untere Sehnenende und den künstlichen Querschnitt.

Ich untersuchte dann $1^3/_4$ Stunden nach der Umschnürung der Luftröhre ein Präparat, das aus dem gesammten Wadenmuskel und dem zugehörigen Hüftnerven bestand. Der Muskel blieb während der ganzen Prüfungszeit so reizbar, dass noch nach derselben die lebhaftesten Zusammenziehungen entstanden, wenn man den Hüftnerven mit schwachen elektrischen Strömen (zweier kleiner mit sehr verdünnter Schwefelsäure geladener Zinkkohlenelemente) anregte. Die untere Sehne erschien positiv in Verhältniss zu der oberen Aponeurose des Muskels. Die Nadel ging bei dem Gebrauche des ganzen Galvanometers an die Hemmung und ruhte bei 85^0. Regte man jetzt den Hüftnerven mit dem Magnetelektromotor an, so entstand eine sehr kräftige und lange anhaltende Zusammenziehung des Muskels. Die negative Stromesschwankung betrug 80^0. Prüfte ich hierauf das untere Sehnenende und die natürliche Längsfläche des Muskels, so erschien das Erstere positiv. Die durch die Tetanisation des Hüftnerven bedingte Muskelverkürzung gab eine negative Schwankung im Sinne des vor

handenen Stromes. Die Nadelbewegung begann auffallend später, als die dem freien Auge kenntliche Zusammenziehung des Muskels. Die natürliche Längsfläche war dagegen positiv in Bezug auf die obere Aponeurose. Die Verkürzung gab wieder eine negative Schwankung im Sinne des nun vorhandenen Stromes. Obgleich der Faserverlauf in dem Wadenmuskel nichts weniger als gerade und parallel ist, diese Muskelmasse also von einer symmetrischen Form des Ganzen und einer symmetrischen Vertheilung der Elemente um Vieles entfernt ist, so erreicht doch die Abweichung nicht den Grad, den man in dem Gastrocnemius des Frosches vorfindet. Ich machte daher noch der Vollständigkeit wegen den Versuch, Stellen zu prüfen, die von der nur annähernd angebbaren Aequatorialebene ungefähr gleich weit abstanden. Der untere (der Achillessehne nähere) Punkt erschien dann immer so stark positiv, dass oft die Nadel bei halbem Galvanometer an die Hemmung ging, bei 60 bis 70^0 ruhte und eine negative Schwankung von mehreren Graden bei der Verkürzung des Muskels anzeigte.

Die bis jetzt erwähnten Beobachtungen beziehen sich auf die hintere Seite des Wadenmuskels. Ich ging später an die Vorderfläche. Zwei von der ungefähren Aequatorialebene gleich weit entfernte Stellen der natürlichen Längsfläche des Muskels gaben hier wiederum eine so starke positive Beschaffenheit der unteren Stelle, dass die Nadel bei halbem Galvanometer an die Hemmung stiess, auf 34^0 ruhte und eine negative Schwankung von mehr als 15^0 bei der Verkürzung lieferte. Das untere Sehnenende war abermals positiv gegen die natürliche Längsfläche der oberen oder der unteren Muskelhälfte und gegen die obere Aponeurose.

Ich machte später, $2^1/_2$ Stunden nach der Luftröhrenumschnürung etwas über der ungefähren Aequatorialebene einen künstlichen Querschnitt durch nahezu $^1/_6$ der Dicke des Wadenmuskels. Das untere Sehnenende war positiv in Verhältniss zu diesem Querschnitte. Die Nadel ging bei halbem Galvanometer an die Hemmung und ruhte bei 83^0. Die Tetanisation des Hüftnerven führte zu einer starken Verkürzung und diese zu einer negativen Schwankung von 4^0 bis 5^0. Die natürliche Längsfläche verhielt sich positiv zu jenem künstlichen Querschnitte. Die Nadel begab sich wiederum bei halbem Galvanometer an die Hemmung, ruhte bei 80^0 und verrieth eine der Muskelzusammenziehung entsprechende negative Schwankung von 4^0. Ebenso erwies sich die obere Aponeurose positiv zu jenem künstlichen Querschnitt mit 55^0

ersten Ausschlages, 30^0 bleibender Ablenkung und einer negativen Schwankung von ungefähr 5^0. Der Muskel zog sich nach Beendigung aller dieser Versuche immer noch zusammen, man mochte seine Masse selbst oder den Hüftnerven ansprechen. Die Reizbarkeit beider Theile hatte sich dagegen verloren, als ich das Präparat 8 bis 9 Stunden nach der Luftröhrendurchschnürung abermals vornahm. Man konnte auch keine idiomusculäre Verkürzung mehr zum Vorschein bringen. Das untere Sehnenende war dessenungeachtet noch so stark positiv gegen die obere Aponeurose, dass die Nadel bei halbem Galvanometer an die Hemmung ging und auf 55^0 zur Ruhe kam. Die natürliche Längsfläche erwies sich als positiv in Bezug auf die obere Aponeurose mit einem Ausschlage von 45^0, und als negativ in Vergleich zu dem unteren Sehnenende, indem die Nadel bei halbem Galvanometer an die Hemmung ging. Ich machte nun mit dem Rasirmesser einen durch die ganze Masse gehenden Querschnitt in der ungefähren Aequatorialebene. Die untere Sehne war in Verhältniss zu diesem künstlichen Querschnitte so stark positiv, dass die Nadel um 45^0 bei der Benutzung des halben Galvanometers und der Nebenschliessung abwich. Die natürliche Längsfläche und der künstliche Querschnitt gaben 35^0 unter den gleichen den Multiplicator betreffenden Bedingungen.

Der künstliche Querschnitt bestand aus einem ziemlich genau ellipsenähnlichen mittleren und zwei rundlichen äusseren Theilen. Ich suchte mir den Mittelpunkt der mittleren Ellipse, d. h. den Durchschnittspunkt der grossen und der kleinen Axe mit dem Zirkel zu bestimmen und merkte mir auch die Stellen, welche den Endpunkten der verlängerten kleinen Axe an den Begrenzungsrändern der beiden rundlichen Seitenabtheilungen entsprachen. Wir wollen diese die äussersten Axenpunkte der Seitenstücke nennen. Dieses vorausgesetzt, so ergab sich:

1) Der Querschnitt nahe an dem freien Endpunkte der grossen Axe der mittleren Ellipse erschien positiv gegen den anderen freien Endpunkt derselben mit 45^0 am halben Galvanometer.

2) Der Querschnitt nahe an dem einen Endpunkte der kleinen Axe der mittleren Ellipse war positiv gegen den der anderen (also die Nachbarschaft der beiden zwischen den zwei Seitenstücken liegenden Endpunkte) und zwar so stark, dass die Nadel bei halbem Galvanometer an die Hemmung ging.

3) Der Querschnitt nahe an dem äussersten Axenpunkte des einen Seitenstückes zeigte sich mit 25^0 an dem halben

Galvanometer positiv gegen die Nachbarschaft des äussersten Axenpunktes des anderen Seitenstückes.

4) Der Mittelpunkt der mittleren Ellipse erschien negativ gegen den Querschnitt nahe an dem äussersten Axenpunkte des einen Seitenstückes. Der Ausschlag zu Gunsten des Letzteren betrug aber nur 14^0 an dem halben Galvanometer.

5) Der Mittelpunkt der mittleren Ellipse und die Nachbarschaft des äussersten Axenpunktes des anderen Seitenstückes. Der Letztere positiv, aber nur mit 4^0 an dem halben Galvanometer.

No 1, 2 und 3 betreffen Orte, die zu dem Mittelpunkte vollkommen symmetrisch waren. Sie gaben starke Ausschläge an dem halben Galvanometer. No 4 und 5 sind möglichst asymmetrische Orte. Denn der eine Punkt war der Mittelpunkt selbst und der andere die möglichst entfernte Stelle der Verlängerung der kleinen Axe der mittleren Ellipse in der ganzen Muskelmasse. Sie lieferten dessen ungeachtet weit kleinere Ausschläge. Zwei asymmetrische, auf das genauste gewählte Punkte erzeugten stets Nadelablenkungen.

Ich bewahrte das Murmelthier auf, um den noch unversehrten Wadenmuskel an den folgenden Tagen zu prüfen. Da man sich in Betreff der Stromesrichtung faulender Massen leicht irrt, so machte ich hier immer Doppelbeobachtungen durch Umlegen des Präparates, d. h. berührte z. B. zuerst der Querschnitt die Zuleitung, die zum A-Ende des Galvanometerdrahtes führte und die Längsfläche die des E-Endes, so wendete man für die zweite Bestimmung das Präparat so, dass der Querschnitt dem E- und die Längsfläche dem A-Ende entsprach.

Der zweite frisch ausgeschnittene Wadenmuskel zeigte keine Spur von neuromuskulärer oder idiomuskulärer Empfänglichkeit $28^1/_4$ Stunde nach der Umschnürung der Luftröhre. Die untere Sehne erschien bei halbem Galvanometer positiv in Bezug auf die obere Aponeurose mit 20^0. Die Nadel ruhte bei 12^0. Das Umlegen lieferte 35^0 und 28^0 in dem gleichen Sinne. Die untere Sehne erschien auch positiv gegen die natürliche Längsfläche der unteren Muskelhälfte mit 64^0 und 43^0 und nach dem Umlegen mit 60^0 des halben Galvanometers. Verglich man sie mit der natürlichen Längsfläche der oberen Muskelhälfte, so erzeugte ihre positive Beschaffenheit einen Ausschlag von 28^0 und nach dem Umlegen einen solchen von 30^0. Eine Stelle der Längsfläche in der Gegend der Mitte der Muskellänge und eine andere näher an das untere Sehnenende lieferten 40^0 des halben Galvano-

meters für die Positivität der Letzteren. Der Bezirk der Mitte der Länge dagegen war gegen einen 8 Millimeter höheren Ort positiv mit 48^0 am ganzen Galvanometer. Ein Punkt der natürlichen Längsfläche 5 Millimeter über dem unteren Sehnenende erschien als positiv gegen einen solchen 5 Millimeter unter der oberen Aponeurose und zwar mit 18^0 des ganzen Galvanometers.

Die untere Sehne verhielt sich stark positiv gegen einen künstlichen Querschnitt, der ungefähr in der Mitte der Länge angelegt wurde. Das halbe Galvanometer gab Ausschläge, die bis 57^0 stiegen. Die Längsfläche erwies sich ebenfalls als positiv gegenüber jenem künstlichen Querschnitte. Die im Ganzen nicht bedeutenden Ausschläge fielen beträchtlicher aus, wenn man einen der unteren Sehne näheren Punkt der Längsfläche zur Ableitung benutzte, als wenn man einen oberen gebrauchte. Der Hüftnerv dieses Wadenmuskelpräparates gab einen richtigen Nervenstrom von 50^0 an dem ganzen Galvanometer, wenn ich ihn beinahe 30 Stunden nach der Luftröhrenumschnürung untersuchte.

Man liess hierauf das Wadenmuskelpräparat in der Bauchhöhle des Thieres liegen. Die untere Sehne war $51^1/_2$ Stunde nach der Unterbindung der Luftröhre mit 5^0 und nach dem Umlegen mit 4^0 des ganzen Galvanometers positiv gegenüber der oberen Aponeurose. Sie erschien auch positiv gegen die natürliche Längsfläche, doch nur mit 2^0 und nach dem Umlegen mit 2^0 bis 3^0 des ganzen Galvanometers. Ein aus den (todtenstarr gewesenen) Anziehern des Unterschenkels ausgeschnittenes Präparat hatte den künstlichen Querschnitt mit 4^0 und nach dem Umlegen mit 5^0 positiv gegen die natürliche Längsfläche. Das Umgekehrte war früher an dem reizbaren Muskel der anderen Seite beobachtet worden.

Ich habe noch andere Murmelthiermuskeln von ziemlich geeigneten Formen benutzt, um Aufschlüsse über die Folgen symmetrischer Ableitungen von dem Querschnitt zu erhalten. Machte ich mit dem Rasirmesser einen Querschnitt durch das untere Ende des oberen Dritttheils des Flexor communis quattuor digitorum, so war ihm gegenüber die untere Sehenmasse so stark positiv, dass die Nadel um mehr als 40^0 auswich, wenn man das halbe Galvanometer mit der Nebenschliessung benutzte. Die den beiden Endpunkten der grossen Axe des ziemlich elliptischen Querschnittes unmittelbar benachbarten Stellen gaben an dem halben Galvanometer eine Ablenkung von 35^0, und die, welche den Enden der kleinen Axe nahe lagen, eine solche von 31^0. Der Querschnitt des mit noch

geraderen Fasern versehenen Extensor cruris lieferte ähnliche Resultate. Ich wählte hier ausser dem annähernd bestimmten Mittelpunkte sechs andere zu ihm symmetrische Stellen und combinirte diese paarweise. Das halbe Galvanometer gab immer Ausschläge, die mehr als 10^0 bis 20^0 im ungünstigsten Falle betrugen*).

Der Gebrauch der Zinklösung erleichtert in hohem Grade die Untersuchung der Muskeln wacher Säugethiere. Indem hier die Zuleitungsgefässe immer in Ordnung bleiben und man keine Zeit mit der Ausgleichung von Polarisationswirkungen verliert, kann man die Beobachtungen anstellen, ehe die Empfänglichkeit der Muskelmassen gänzlich geschwunden ist. Die Erfahrungen, die ich auf diesem Gebiete machte, beziehen sich auf den Hund, die Katze, die Ratte und das Kaninchen. Ich wählte vorzugsweise die mit langen Sehnen versehenen Vorderfussmuskeln zur Prüfung der Verhältnisse der natürlichen Muskelenden.

Der Extensor carpi ulnaris eines eben getödteten Hundes lehrte, dass sich die untere Sehne positiv gegen die an dem oberen Ende befindliche Aponeurose und gegen die natürliche Längsfläche verhielt, die Letztere dagegen positiv in Bezug auf jene obere Aponeurose war. Diese und noch mehr das untere Sehnenende erschien positiv in Bezug auf den künstlichen Querschnitt. Man hatte also die absteigende Spannungsreihe: unteres Sehnenende, natürliche Längsfläche, oberes Aponeurosenende und künstlicher Querschnitt.

Der Flexor carpi radialis desselben Thieres, der unmittelbar nach dem erstgenannten Muskel geprüft wurde, lieferte

---

*) Der Sehnerv des Murmelthieres theilt sich gabelig, ehe er die harte Haut durchbohrt. Machte ich einen künstlichen Querschnitt unmittelbar vor dieser Trennung, so zeigten die Längsfläche und der künstliche Querschnitt des Nerven einen richtigen Nervenstrom. Die Nadel des ganzen Galvanometers ging an die Hemmung und ruhte endlich bei 75^0. Ich entfernte nun die vordere Hälfte des Augapfels mit der Linse und dem Glaskörper und verband die Längsfläche des Sehnerven mit einer Stelle der Innenfläche der Netzhaut. Die Längsfläche erwies sich als positiv. Das ganze Galvanometer gab 70^0 Ausschlag und 50^0 Ruhe in einem ersten und 80^0 und 56^0 in einem zweiten Versuche. Concentrirte ich das Licht einer starken Kerzenflamme mittelst einer Cylinderloupe, so dass ein intensiver Lichtstreifen den Bezirk der Ableitungsstelle der Netzhaut beschien, so zeigte die Nadel des Galvanometers (die 45 bis 50 Secunden für eine Doppelschwingung brauchte) keine mit Sicherheit kenntliche Ablenkung. Ein ähnliches negatives Resultat findet sich schon bei du Bois (Untersuchungen. Bd. II. S. 522), der an dem Schildkrötenauge mit einem Multiplicator mit wenigen Windungen beobachtete.

andere Ergebnisse. Das obere Sehnenende war hier positiv im Verhältniss zu dem unteren und zu der natürlichen Längsfläche. Ein künstlicher Querschnitt erwies sich als negativ im Vergleich zu dem oberen und positiv im Verhältniss zu dem unteren Sehnenende. Als absteigende Spannungsreihe zeigte sich: oberes Sehnenende, natürliche Längsfläche, künstlicher Querschnitt und unteres Sehnenende. Das obere, durch den Querschnitt losgetrennte Drittheil des Muskels war noch nach den Galvanometerbeobachtungen stark neuroelektrisch empfänglich. Dieses fehlte an den beiden unteren Drittheilen, die noch sehr lebhafte idiomuskuläre Zusammenziehungen darboten.

Der Flexor carpi ulnaris eines zweiten frisch getödteten Hundes hatte die absteigende Spannungsreihe: unteres Sehnenende, natürliche Längsfläche, oberes Sehnen- und Aponeurosenende, künstlicher Querschnitt. Der Muskel erwies sich noch nach allen mit ihm vorgenommenen Galvanometerversuchen als in hohem Grade neuroelektrisch reizbar. Der Extensor carpi radialis hatte die gleiche Spannungsreihe, wie der zuletzt genannte Handwurzelbeuger.

Ich untersuchte einige Muskeln des anderen Vorderbeines 24 Stunden nach dem Tode. Der todtenstarre Flexor carpi ulnaris lieferte in absteigender Reihe: untere Sehne, natürliche Längsfläche, obere Sehne und künstlicher Querschnitt. Der Flexor digitorum communis dagegen gab: unteres Sehnenende, natürliche Längsfläche, künstlicher Querschnitt und oberes Sehnen- und Aponeurosenende. Die Ströme waren aber in den beiden Muskeln so schwach, dass man das ganze Galvanometer zu ihrer Verfolgung benutzen musste.

Der Extensor carpi ulnaris eines ungewöhnlich grossen Hundes, der 15 Stunden vorher mit Strychnin vergiftet worden und dessen Vorderbeine in hohem Grade todtenstarr erschienen, lieferte natürlich keine Spur von neuromusculärer oder idiomusculärer Zusammenziehung. Das obere Sehnende erschien positiv gegen das untere mit 15^0 an dem halben und mit 40^0 an dem ganzen Galvanometer. Es war positiv gegen die natürliche Längsfläche, man mochte diese in der oberen oder unteren Muskelhälfte wählen. Die Nadel des ganzen Galvanometers ging an die Hemmung. Das halbe Galvanometer allein gab 76^0 und 12^0 mit der Nebenschliessung. Die natürliche Längsfläche erschien so stark positiv gegen das untere Sehnenende, dass die Nadel des ganzen Galvanometers an die Hemmung stiess, die des halben 60^0 und bei Benutzung der Nebenschliessung 4^0 anzeigte. Ein künstlicher

der Mitte der Länge des Muskels angehörender Querschnitt blieb negativ gegen alle genannten Theile. Der seit lange abgestorbene, einem todtenstarren Gliede angehörende Muskel gab also als absteigende Spannungsreihe: oberes Sehnenende, natürliche Längsfläche, unteres Sehnenende, künstlicher Querschnitt.

Ich bereitete mir aus dem Tibialis anticus einer frisch getödteten Katze ein ähnliches Kniegelenkpräparat, wie es oben für den Gastrocnemius des Frosches beschrieben worden. Die untere Sehne erschien positiv gegenüber der ableitenden Kniegelenkfläche und gegen die natürliche Längsfläche des Muskels. Nun löste ich den Muskel von seinem oberen Ansatze so vorsichtig als möglich los, so dass der Kniegelenktheil fortkam. Die untere Sehne blieb positiv gegen die künstliche Trennungsfläche des oberen Ansatzes und gegen jede beliebige Stelle der natürlichen Längsfläche des Muskels. Der Ausschlag war in dieser letzteren Hinsicht so stark, dass er bis 85^0 bei halbem Galvanometer betrug. Der Muskel zeigte sich noch stark idioelektrisch, nicht aber deutlich neuroelektrisch reizbar, nachdem diese Versuche angestellt worden. Der später angefertigte künstliche Querschnitt erschien verhältnissmässig am negativsten. Man hatte also die abnehmende Spannungsreihe: untere Sehne, natürliche Längsfläche, oberer Ansatz und künstlicher Querschnitt.

Der Extensor carpi ulnaris einer vorher ätherisirten und in dem Aetherrausch zu Grunde gegangenen Ratte hatte die absteigende Reihe: unteres Sehnenende, natürliche Längsfläche, oberes Sehnenende. Da die eine Fortsetzung der unteren Sehne bis über die Hälfte der Länge des Muskels in dem Innern desselben hinaufging, so schnitt ich den unteren Theil, der dieses Sehnenblatt enthielt, grösstentheils fort, so dass der künstliche Querschnitt der oberen Muskelabtheilung nur noch den letzten Ausläufer desselben als einen schmalen Streifen enthielt. Dieser künstliche Querschnitt erschien schwach positiv gegen die natürliche Längsfläche. Das ganze Galvanometer gab eine erste Ablenkung von 15^0. Machte ich dann einen neuen Querschnitt einen Millimeter höher, so dass jener Streifen fortfiel, so wiederholte sich das Gleiche, doch nur mit einem Ausschlage von 8^0 an dem ganzen Galvanometer. Der Peroneus longus ergab ebenfalls, dass die untere Sehne positiv zur natürlichen Längsfläche war.

Ich liess die Kaninchen, deren Muskeln ich am Galvanometer untersuchen wollte, durch einen oder mehrere, mit der

Ulnarkante der Hand geführte Schläge in den obersten Theil des Nackens tödten. Man vermeidet hierdurch die starken Convulsionen, die so oft den Erstickungs- oder den Verblutungstod begleiten und kann die Untersuchung sogleich nach den betäubenden Schlägen beginnen. Eine mit Wasser von 40^0 bis 45^0 gefüllte Brutmaschine stand bereit, um das Thier und die einzelnen losgelösten Glieder desselben, deren Muskeln man später gebrauchen wollte, aufzunehmen. Es gelang mir auf diese Weise, reizbare Muskeln beinahe zwei Stunden lang, selbst in erwachsenen Kaninchen und bei einer Zimmerwärme von 15^0 C. am Galvanometer prüfen zu können und noch eine Stunde nach dem Tode z. B. ein Wadenmuskelpräparat zu haben, das sehr starke Zusammenziehungen nach der Tetanisation des an ihnen haftenden Hüftnerven lieferte.

Die untere Sehnenmasse des Extensor communis digitorum eines eben getödteten braungelben erwachsenen Kaninchen erschien mit 45^0 des halben Galvanometers positiv im Vergleich zur natürlichen Längsfläche. Diese war dagegen mit 59^0 positiv gegen die obere Aponeurose. Ich machte nun einen Querschnitt 8 Millimeter über dem untersten Ansatze der letzten Muskelfasern an die untere Sehne. Obgleich er noch ein nicht unbedeutendes Sehnenblatt in seinem Innern enthielt, so erschien er doch negativ im Verhältniss zu der benachbarten natürlichen Längsfläche. Das halbe Galvanometer gab 40^0. Verband man einen anderen Punkt der natürlichen Längsfläche mit dem unteren Sehnenende, so erschien das Letztere und nicht die Längsfläche positiv mit 4^0 an dem halben und mit 12^0 an dem ganzen Galvanometer. Das Stück, dessen absteigende Spannungsreihe sich hiernach als: unteres Sehnenende, natürliche Längsfläche und künstlicher, mit innerem Sehnenblatte versehener Querschnitt auswies, zog sich noch nach dem Galvanometerversuchen lebhaft zusammen, wenn man es mit dem Magnetelektromotor ansprach.

Die untere Sehne des Flexor digitorum communis war mit 16^0 an dem halben und mit 47^0 an dem ganzen Galvanometer positiv im Vergleich mit der natürlichen Längsfläche der Mitte des Muskels. Dieselbe Stelle der Längsfläche dagegen erschien positiv gegen die obere, nach den Vorderarmknochen zu liegende Sehne mit 14^0 bei halbem Galvanometer.

Die untere Sehne der einen Abtheilung des Triceps brachii blieb mit 9^0 des halben Galvanometers positiv gegen die natürliche Längsfläche in der Mitte der Länge des Muskels. Die Längsfläche dagegen erschien wiederum mit 10^0 bis 12^0

positiv im Vergleich zu dem scheinbar rein muskulösen Querschnitte des oberen Ansatzes. Die Ströme des Magnetelektromotors riefen jetzt noch sehr starke Zusammenziehungen des vorher an dem Galvanometer geprüften Muskels hervor. Ich machte hierauf einen künstlichen Querschnitt durch die Mitte der Länge desselben mit dem Rasirmesser. Das untere Sehnenende erschien ihm gegenüber positiv mit 57⁰ an dem halben Galvanometer. Dieses lieferte mehr als 40⁰ zu Gunsten der oberen Aponeurose, die ich mit dem künstlichen Querschnitte der oberen Muskelhälfte verglich. Die Letztere erwies sich hierauf als sehr reizbar. Ich fertigte einen neuen Querschnitt an. Er hatte keine genau elliptische Form, sondern war nach der einen Hälfte hin im Vergleich mit der anderen unsymmetrisch. Ich mühte mich vergebens ab, zwei Punkte zu finden, die keine Nadelablenkung lieferten. Einzelne gaben 28^0 bis 40^0 am ganzen Galvanometer.

Ich präparirte hierauf 65 Minuten nach der Tödtung des Thieres den Wadenmuskel mit dem dazu gehörenden Hüftnerven heraus. Die Achillessehne erschien positiv gegenüber der natürlichen Längsfläche mit 40^0 an dem halben Galvanometer. Wiederholte ich den Versuch mit dem ganzen, so betrug die erste Ablenkung mindestens 60^0. Die Nadel ruhte endlich auf 38^0. Die Tetanisation des Hüftnerven führte zu sehr starken Verkürzungen und zu einer negativen Schwankung des eben vorhandenen umgekehrten Muskelstromes von mehr als 10^0. Verglich ich die früher gebrauchte Stelle der natürlichen Längsfläche mit dem scheinbar fast rein muskulösen Querschnitte des oberen Ansatzes, so war die Längsfläche positiv mit 41^0. Die Nadel ruhte auf 27^0. Die Tetanisation des Hüftnerven rief immer noch lebhafte, obgleich nicht so starke Zusammenziehungen, als früher hervor. Die negative Schwankung, die in dem Sinne des jetzt vorhandenen Stromes ausfiel, glich bei einem ersten Versuche 4^0 und bei einem zweiten 6^0.

Die untere Sehne des Peroneus war positiv gegen die natürliche Längsfläche und zwar mit 50^0 des ganzen Galvanometers. Sie behielt auch diesen Charakter im Vergleich mit dem Durchschnittsende des oberen Muskelansatzes. Dieses zeigte sich aber schwach positiv zur natürlichen Längsfläche. Drei an verschiedenen Stellen der Letzteren angestellten Versuche gaben 7^0, 9^0 und 16^0 an dem ganzen Galvanometer. Wir haben daher hier die ungewöhnliche absteigende Spannungsreihe: untere Sehne, künstlicher Querschnitt des oberen Ansatzes und natürliche Längsfläche.

Ich nahm noch den Tibialis anticus $1^1/_2$ Stunde nach der Tödtung vor. Die natürliche Längsfläche war hier positiv gegen das untere Sehnenende, aber nur mit 6^0 an dem ganzen Galvanometer. Sie bewährte den gleichen Charakter gegenüber dem oberen Sehnenende und zwar mit 12^0 bei dem Gebrauche von 30,000 Windungen. Der Muskel erschien hierauf weder neuro- noch idiomuskulär empfänglich. Ich kann daher nicht angeben, ob die Positivität der natürlichen Längsfläche gegenüber den beiden Sehnenenden dem reizbaren Zustande entsprochen hat. Ein künstlicher Querschnitt erschien hierauf negativ im Vergleich zur natürlichen Längsfläche (5^0 an dem ganzen Galvanometer), dagegen positiv in Bezug auf das obere und untere Sehnenende (3^0 und 8^0).

Die Todtenstarre tritt oft in solchen in der Wärme aufbewahrten Kaninchenleichen frühzeitig ein. Sie war in unserem Falle in den Gliedern $2^1/_2$ Stunden nach dem Tode in merklichem Grade vorhanden. Untersuchte ich die Verhältnisse 20 Stunden nach der Tödtung, so erschien die natürliche Längsfläche des Tibialis anticus am halben Galvanometer mit 52^0 positiv gegen die untere Sehne; die obere Aponeurose dagegen gegen sie positiv mit 6^0 bis 10^0, je nach Verschiedenheit der benutzten Stellen der Längsfläche. Ein Punkt der Letzteren erwies sich sogar mit 2^0 bis 3^0 positiv. Ich halbirte hierauf den Muskel in der Mitte seiner Länge. Der künstliche Querschnitt hatte ein Sehnenblatt in seiner Mitte. Er war mit 5^0 des halben Galvanometers negativ gegen die obere Aponeurose, mit 8^0 negativ gegen die natürliche Längsfläche der oberen und mit 10^0 positiv gegen die der unteren Hälfte und mit 8^0 positiv gegen die untere Sehne.

Die untere Sehne des Extensor digitorum communis dagegen erschien mit 10^0 des halben Galvanometers positiv im Vergleich zur natürlichen Längsfläche. Diese war mit 5^0 negativ in Bezug auf die obere Aponeurose, die wiederum 5^0 Ausschlag für ihre Positivität bei Combination mit der unteren Sehne lieferte. Trennte ich hierauf das unterste Drittheil des Muskels durch einen künstlichen Querschnitt los, so erschien die untere Sehne mit 5^0 des ganzen Galvanometers positiv gegen die natürliche Längsfläche und diese mit 22^0 positiv gegen den künstlichen Querschnitt. Die natürliche Längsfläche der oberen zwei Drittheile des Muskels war positiv gegen den künstlichen Querschnitt, negativ dagegen im Vergleich mit der oberen Aponeurose.

Ein hellgraues ziemlich grosses Kaninchen wurde vorzugsweise bestimmt, die Beziehungen symmetrischer Stellen des

Querschnittes und der Längsfläche zu verfolgen. Ich wählte für den Ersteren die hierzu empfohlenen Muskeln des Oberschenkels, die ich mit einem scharfen, dem Pott'schen Fistelmesser ähnlichen Bistouri unmittelbar nach dem Tode durchschnitt. Man suchte den Muskel, der den scheinbar regelmässigsten Querschnitt darbot, aus. Ich machte dabei die zu wählenden Stücke meistentheils ein bis zwei Centimeter lang, damit der asymmetrische Bau des Muskels die Ergebnisse des Querschnittes so wenig als möglich störe. Der Hals des Kaninchens bietet so viele lange, gerade und parallelfaserige Muskeln dar, dass man hier eine gute Auswahl für die Studien der Längssymmetrie hat. Um keine Zeit durch die Messung zu verlieren, brachte ich eine in Millimeter getheilte Glasplatte an einem besonderen drehbaren Halter einige Centimeter über dem Muskelpräparate an und stellte sie wagerecht so ein, dass man die Länge des Ganzen sogleich abmessen und die Entfernungen der zur Ableitung benutzten symmetrischen oder asymmetrischen Punkte unmittelbar bestimmen konnte. Ich visirte dabei in der Art von oben her und von der Mitte aus, dass die Parallaxenfehler gering bleiben mussten.

Der ziemlich regelmässige mit einem mittleren längs des kleineren Durchmessers dahingehenden Sehnenblatte versehene Querschnitt des tieferen Theiles des Extensor cruris bot wiederum die Eigenthümlichkeit dar, dass manche in längeren wechselseitigen Entfernungen befindliche symmetrische Punkte grössere Ausschläge lieferten, als asymmetrische, die weniger von einander abstanden. Nennen wir die in das Sehnenblatt fallende Mitte der längeren Axe des Querschnittes c und zwei symmetrische in dieser Axe liegende und von dem Mittelpunkte je $3^1/_2$ Millimeter entfernte Punkte a und b, so fand sich z. B. an dem halben Galvanometer für die erste Ablenkung:

a und b. a positiv mit 48^0.
a und c. c positiv mit 37^0.
c und b. c positiv mit 28^0.

Der Muskel zog sich noch nach dem Versuche sehr stark unter dem Einflusse des Magnetelektromotors zusammen.

Der eine Adductor bot einen ziemlich guten länglichrunden Querschnitt ohne inneres Sehnenblatt dar. Haben a, b, c dieselbe Bedeutung wie oben, so gaben die symmetrischen weiter von einander entfernten Stellen a und b 37^0 und die asymmetrischen halb so weit entfernten 33^0.

Ich nahm jetzt ein Stück des Sternomastoideus und richtete das Präparat durch zwei parallele auf der Längsaxe senkrechte Querschnitte so her, dass seine Länge genau zwei Centimeter

betrug. Drücken wir die Entfernungen der zur Ableitung gebrauchten Stellen von dem oberen Querschnitte in Millimetern aus, so ergab sich am ganzen Galvanometer:

1) 2 und 18 Mm. 2 positiv mit 36^0.
2) 2 und 10 Mm. 2 positiv mit 11^0.
3) 2 und 18 Mm. 2 positiv mit 43^0.
4) 2 und 10 Mm. 2 positiv mit 7^0.

Der Muskel zog sich noch nach den Versuchen unter dem Einfluss des Magnetelektromotors kräftig zusammen. Nr. 1 und 3 sind symmetrische, Nr. 2 und 4 asymmetrische Stellen.

Eine ähnliche Prüfung eines 18 Millimeter langen Präparates des Sternohyoideus gab wiederum am ganzen Galvanometer:

1) 2 und 16 Mm. 2 positiv mit 10^0.
2) 2 und 9 Mm. 2 positiv mit 5^0.
3) 2 und 16 Mm. 2 positiv mit 9^0.

2 und 16 bilden wiederum die symmetrischen Punkte. Der Muskel war hier nach der Prüfung nicht mehr neuroelektrisch reizbar.

Ich will am Schlusse noch drei Versuche aus diesem Kaninchen anführen, deren Einzelheiten einiges Interesse darbieten. Der mit dem anhängenden Ischiadicus versehene Wadenmuskel wurde 45 bis 50 Minuten nach dem Tode herauspräparirt und an dem ganzen Galvanometer untersucht. Die untere Sehne erschien positiv gegenüber der natürlichen Längsfläche mit 60^0 erster Ablenkung. Die Nadel ruhte auf 38^0. Die 55 Minuten nach dem Tode vorgenommene Tetanisation des Hüftnerven erzeugte noch eine starke Zusammenziehung des Muskels und eine negative Schwankung von 7^0. Die Mitte der Längsfläche war mit 68^0 ersten Ausschlages und mit 37^0 bleibender Ablenkung positiv gegen die obere Aponeurose. Die 59 Minuten nach dem Tode eingeleitete Tetanisation des Hüftnerven führte zu einer dem jetzigen Strome entsprechenden negativen Schwankung von mehr als 12^0. Ich prüfte den Muskel, den ich indessen in der Brutmaschine aufbewahrt hatte, zwei Stunden nach dem Tode von Neuem. Er verrieth dann keine Spur von neuro- oder von idiomuskulärer Empfänglichkeit. Die untere Sehne war mit 33^0 des halben Galvanometers positiv gegen die natürliche Längsfläche und diese mit 15^0 gegen die obere Aponeurose und mit 10^0 gegen einen neutral reagirenden künstlichen Querschnitt.

Der 83 Minuten nach dem Tode vorgenommene Extensor digitorum communis zeigte, dass die untere Sehne mit 48^0 des halben Galvanometers gegen die natürliche Längsfläche

positiv war. Die Letztere erwies sich mit 23^0 positiv gegen die obere Aponeurose und diese mit 38^0 negativ gegen die untere Sehne. Der Muskel war nach diesen Prüfungen weder neuroelektrisch, noch deutlich idioelektrisch erregbar. Ich machte nun einen künstlichen Querschnitt drei Millimeter über dem Ansatze der untersten Muskelmasse an die untere Sehne. Der künstliche Querschnitt, an dem ein seitliches Sehnenblatt haftete, erschien mit 22^0 des halben Galvanometers positiv gegenüber der natürlichen Längsfläche. Ich legte nun an dem oberen Muskelstücke drei Millimeter höher einen neuen künstlichen Querschnitt an, entfernte die Reste des seitlichen Sehnenblattes vollständig und stellte der Sicherheit wegen einen abermaligen Querschnitt in unmittelbarer Nähe her. Dieser Letztere war mit 18^0 des ganzen Galvanometers positiv in Bezug auf die natürliche Längsfläche. Die Betrachtung desselben mit der Loupe lehrte, dass er kein grösseres Sehnenblatt, aber einzelne isolirte weisse Streifen enthielt. Ein noch drei Millimeter höherer Querschnitt lieferte diese nicht mehr, hatte aber eine Aponeurose an der äusseren Begrenzung. Dieser war mit 10^0 des ganzen Galvanometers negativ gegenüber der natürlichen Längsfläche.

Die rasch eintretende Aenderung des künstlichen Querschnittes an der Luft kann zu Täuschungen führen. Der dem Biceps des Menschen analoge Flexor brachii gab z. B. $1\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Tode 23^0 des halben Galvanometers für die Positivität der oberen Sehne im Vergleich zu der natürlichen Längsfläche. Diese war mit 10^0 positiv gegen den Querschnitt des unteren Ansatzes. Der Letztere endlich erschien mit 36^0 negativ gegen die obere Sehne. Machte ich nun der Reihe nach Querschnitte in je drei Millimeter Entfernung von dem oberen sehnigten Ende an, so blieben diese immer positiv zur natürlichen Längsfläche, selbst wenn sie keine Spur eines Sehnenblattes oder mikroskopischer Sehnenmassen darboten. Die Prüfung mit empfindlichem Lackmuspapier lehrte aber, dass sie schwach sauer reagirten.

Ein drittes, grosses, hellbraunes Kaninchen ward dazu bestimmt, symmetrische und asymmetrische Stellen der natürlichen Längsfläche und des künstlichen Querschnittes von gleichen gegenseitigen Entfernungen zu prüfen. Man hätte daher immer die gleichen Leitungswiderstände gehabt, wenn die Muskelmasse überall gleichartig und die Berührung und die übrige Anordnung immer genau dieselbe gewesen, zwei Voraussetzungen, die gewiss nie vollkommen berechtigt waren.

Das hergerichtete Stück des linken Sternomastoideus besass eine Länge von 34 bis 35 Millimeter. Nahm man den Nullpunkt an dem oberen Querschnitte, so hatte man an dem ganzen Galvanometer, das zu allen diesen Versuchen gebraucht wurde:

1) 10 und 25 Mm. von dem Nullpunkte.
25 positiv mit 54°.
2) 2 und 17 Mm. 17 positiv mit 38°.
3) 10 und 25 Mm. 25 positiv mit 44°.
4) 2 und 17 Mm. 17 positiv mit 34°.

Nr. 1 und 3 sind symmetrische, Nr. 2 und 4 asymmetrische Stellen. Der Muskel zog sich noch sehr kräftig unter dem Einflusse des Magnetelektromotors nach Beendigung der Versuche zusammen.

Ein Präparat des rechten Sternomastoideus, das eine Länge von 30 Millimetern hatte, gab:

1) 10 und 20 Mm. 20 positiv mit 71°.
2) 5 und 15 Mm. 15 positiv mit 77°.
3) 15 und 25 Mm. 15 (?) positiv mit 30°.
4) 10 und 20 Mm. 20 positiv mit 69°.

Der Muskel war hernach nicht mehr neuroelektrisch, aber sehr stark idioelektrisch reizbar.

Der Flexor antibrachii wurde in der Mitte seiner Länge der Quere nach durchschnitten. Der künstliche ziemlich regelmässige elliptische Querschnitt hatte ein kleines Sehnenblatt in seinem Innern nach der einen Seite hin. Man wählte nur Berührungspunkte, die in der Richtung der 10 Millimeter langen grossen Axe der Ellipse lagen und nahm das eine Ende derselben als Nullpunkt. Es ergab sich:

1) 4 und 6 Mm. von dem Nullpunkt.
4 positiv mit 12°.
2) 5 und 7 Mm. 5 positiv mit 17°.
3) 3 und 5 Mm. 3 positiv mit 23°.
4) 4 und 6 Mm. 4 positiv mit 11°.
5) 5 und 7 Mm. 5 positiv mit 21°.
6) 3 und 5 Mm. 3 positiv mit 11°.
7) 4 und 6 Mm. 4 positiv mit 12°.

Nr. 1, 4 und 7 betreffen symmetrische, Nr. 2, 3, 5 und 6 asymmetrische, in den zwei entgegengesetzten Hälften der kürzeren Axe befindliche Stellen.

Die Hauptergebnisse dieser ganzen Untersuchungsreihe sind:

1) Wie Budge schon gefunden, liefert die Aussenfläche der äusseren Haut des Frosches und ein künstlicher Querschnitt derselben einen verhältnissmässig starken Strom, der von dem künstlichen Querschnitte durch den Galvanometer-

draht zur Aussenfläche geht. Da also der Querschnitt positiv ist, so hat man hier die entgegengesetzte Stromesrichtung von der, die ein gerad- und parallelfaseriger frischer Muskel zwischen seiner natürlichen Längsfläche und seinem künstlichen Querschnitte zu geben pflegt.

2) Dieser Hautstrom wird durch Eintauchen in eine concentrirte Salzlösung geschwächt und wahrscheinlich zuletzt aufgehoben. Er kann sich ein bis zwei Tage nach dem Tode des Thieres erhalten, schlägt aber endlich in die entgegengesetzte Richtung bei weiterer Fäulniss um.

3) Die Haut bot keinen deutlichen Elektrotonus dar. Tetanisirte man einen der Nervenstämme, welche sich zu der Hautrolle begaben, so zeigte sich bisweilen eine sehr schwache negative Schwankung, während dieser Erfolg in anderen Fällen gänzlich mangelte.

4) Die Verbindung zweier künstlichen Querschnitte oder der Innen- und der Aussenfläche der Haut gibt weit schwächere Ströme als die der Aussenfläche und des künstlichen Querschnittes.

5) Die nach dem Tode lange anhaltende Dauer der Reizbarkeit der Nerven und der Muskeln wird dem Frosche seine Bedeutung für physiologische Studien in unseren Zonen immer sichern und ihn nur durch die Schildkröten und Krokodile in heissen Gegenden verdrängen lassen. Die Schwierigkeiten, welche die Säugethiere in dieser Beziehung bisher darzubieten schienen und wegen deren sie häufig aus dem entsprechenden Untersuchungskreise ausgeschlossen wurden, lassen sich theilweise bedeutend herabsetzen. Ein winterschlafendes Murmelthier behält seine Empfänglichkeit so lange, dass man an den Nerven und den Muskeln desselben von Früh bis Abends zu arbeiten im Stande ist. Tödtet man ein erwachsenes Kaninchen durch einen oder mehrere kräftige Schläge in den obersten Theil des Nackens, so dass gar keine oder nur unbedeutende Krämpfe in den Gliedern entstehen und bewahrt es dann in der Brutmaschine, die Wasser von 40^0 bis 45^0 C. enthält, auf, so kann man reizbare Muskel- und Nervenpräparate, die man unmittelbar vorher herausgeschnitten hat, ein bis zwei Stunden nach dem Tode bei einer Zimmerwärme von 15^0 C. zu den Beobachtungen benutzen. Man vermag nach einer Reihe von Stunden im Murmelthiere und nach einer Stunde im Kaninchen ein Wadenmuskelpräparat herzustellen, das starke Zusammenziehungen und die hiermit verbundene Schwankung des Muskelstromes nach der Tetanisation des dazu gehörenden Hüftnerven darbietet.

6) Die elektrischen Beziehungen der natürlichen oder künstlichen Längsfläche zu dem Querschnitte des Muskels zeigen keine solche Beständigkeit, dass irgend eine der in dieser Hinsicht aufzustellenden Normen ausnahmslos oder wenigstens ohne Einschränkung gilt.

7) Die positive Beschaffenheit der natürlichen oder künstlichen Längsfläche zu dem künstlichen Querschnitt verräth noch verhältnissmässig die grösste Beständigkeit. Man muss jedoch auch hier die Einschränkung hinzufügen, dass der künstliche Querschnitt von dem Sehnenende hinreichend entfernt sei. Dieser Abstand wechselt in den verschiedenen Muskeln. Er ist z. B. in dem Sartorius des Frosches so klein, dass ein dem Sehnenende ganz nahe gelegener Querschnitt schon negativ erscheint. Er kann dagegen eine gewisse Zahl von Millimetern in anderen Muskeln ausmachen.

Wir werden in Nr. 20 sehen, dass man einen in allen Punkten reinen Querschnitt wahrscheinlicher Weise nie hat, wenn man diesen auch noch so glücklich an einem gerad- und parallelfaserigen Muskel senkrecht auf die Längsaxe desselben herstellte. Verfertigt man ihn in dieser letzteren Richtung an einem Muskel, in dem ein Theil der Längsfasern die Richtung der Längsaxe spitzwinklig schneidet, so trifft er natürlich die Fasern in schiefer Richtung. Der starke Gegensatz zwischen der natürlichen oder der künstlichen Längsfläche und dem künstlichen Querschnitte überwindet diese untergeordneten ungünstigeren Verhältnisse in dem Maasse, dass man immer bedeutende Ausschläge der Nadel im Sinne der Positivität der Längsfläche erhält.

8) Die Endtheile der Muskelfasern an den Sehnen oder Aponeurosen bieten ein eigenthümliches Verhalten in den meisten, wo nicht in allen Fällen dar. Es kann dabei nicht nur mit der Verschiedenheit der Muskeln und der Thiere wechseln, sondern ist auch bisweilen für denselben Muskel derselben Thierart je nach der Mannigfaltigkeit der Individuen unbeständig. Man hat als Hauptfälle:

a) Beide Sehnenenden verhalten sich negativ zu der natürlichen Längsfläche der Muskeln. Da man als richtigen Muskelstrom den zu bezeichnen pflegte, der von der natürlichen Längsfläche zu dem Sehnenende oder dem sogenannten natürlichen Querschnitte geht, so hat man hier immer einen richtigen Muskelstrom, welche der Sehnen man auch zur zweiten Ableitungsstelle wählt. Dieser Fall ist, wie ich nach meinen Erfahrungen urtheilen muss, bei weitem der seltenere. Wir begegneten ihm z. B. als Ausnahme für den Semitendinosus

des Frosches und in einem nicht mehr reizbaren Tibialis anticus des Kaninchens.

b) Die Regel scheint darin zu bestehen, dass das eine Sehnenende in Verhältniss zur Längsfläche positiv und das andere negativ ist. Man hat also die absteigende Spannungsreihe: Stärkeres Sehnenende, natürliche Längsfläche und schwächeres Sehnenende. Die Verbindung des ersten Sehnenendes mit der natürlichen Längsfläche giebt daher den umgekehrten und die des zweiten mit derselben den richtigen Muskelstrom. Man kann also beide Ströme an demselben Muskel nach Belieben hervorrufen und ist bei consequenter Bezeichnungsweise nicht mehr berechtigt, den einen den richtigen und den anderen den umgekehrten zu nennen. Da der Gastrocnemius des Frosches immer zeigt, dass seine obere und äussere kleine Sehne oder der übrige weit grössere Ansatztheil dem stärkeren Sehnenende in unserer Terminologie entspricht, so kann man hier den Versuch mit Leichtigkeit so einrichten, dass man eine fast vollständige Compensation erhält, dass das ganze Galvanometer von 30,000 Windungen kaum 5^0 Ausschlag giebt. Schwächt man hierauf den einen der compensirenden Stromtheile des Galvanometers durch eine passende Nebenschliessung, so schlägt die Nadel in dem Sinne des anderen Stromes kräftig aus.

9) Muskeln, wie der Semitendinosus des Frosches zeigen den Fall, dass bald das obere, bald das untere Sehnenende je nach der Verschiedenheit der Exemplare, das stärkere ist. Es kam mir vor, dass sich in dieser Hinsicht der rechte Semitendinosus von dem linken unterschied. Im Gegensatze hierzu bietet, wie erwähnt, der Gastrocnemius des Frosches die absteigende Spannungsreihe: Oberer Ansatz oder obere kleine Sehne, natürliche Längsfläche und Achillessehne immer dar.*) Meine Untersuchungen, vorzugsweise die an den Säugethiermuskeln, sind zu wenig oft wiederholt worden, als dass ich mir ein Urtheil über die Beständigkeit des Ortes des stärkeren Endes erlauben könnte. Nur zwei Punkte sind mir in dieser Hinsicht aufgefallen. Muskeln, die in lange und schmale Sehnen auslaufen, eignen sich besonders zur Verfolgung der Erscheinungen. Ich wählte aus diesem Grunde die Vorderarmmuskeln der Säugethiere mit besonderer Vorliebe.

---

*) Du Bois (Untersuchungen. Bd. I. S. 496. 497) fand ebenfalls, dass die obere Sehne des Gastrocnemius des Frosches in allen Fällen positiv in Bezug auf die Achillessehne ist.

Hat man eine Sehne, an der allein oder an der und deren Verlängerung in das Muskelinnere sich alle Ansätze der Muskelfasern concentriren, an dem einen und eine Aponeurose an dem anderen Ende, so scheint es zur Regel zu gehören, dass die erstere das stärkere und die letztere das schwächere Ende angiebt. Man sah dieses z. B. am Deutlichsten an den Wadenmuskeln des oben erwähnten Murmelthieres und des Kaninchens und an einzelnen Armmuskeln der Säugethiere überhaupt.

10) Halten wir uns an die in dem Texte dieser Abhandlung näher beschriebenen Versuche, so finden sich z. B. als absteigende Spannungsreihen:

a) Oberes Ende, natürliche Längsfläche, unteres Sehnenende: Gastrocnemius, einzelne Semitendinosi, viele Tibiales und Peronei des Frosches, der Flexor carpi radialis eines Hundes.

b) Unteres Sehnenende, natürliche Längsfläche, obere Sehne oder Aponeurose. Einzelne Semitendinosi, Tibiales und Peronei des Frosches, die Wadenmuskeln des Murmelthieres und des Kaninchens, Extensor carpi radialis und Extensor carpi ulnaris des Hundes, Tibialis anticus der Katze, Triceps brachii, Flexor digitorum communis, Extensor digitorum communis des Kaninchens und Extensor carpi ulnaris und Peroneus der Ratte.

11) Berücksichtigen wir noch die Säugethiermuskeln, deren künstlicher Querschnitt in der nöthigen Entfernung von den beiden Enden geprüft wurde, so haben wir z. B. in absteigender Ordnung:

a) Oberes Ende, natürliche Längsfläche, künstlicher Querschnitt, untere Sehne. Flexor carpi radialis des Hundes, noch stark reizbar.

b) Untere Sehne, künstlicher Querschnitt des obern Ansatzstückes, natürliche Längsfläche. Peroneus des Kaninchens.

c) Künstlicher Querschnitt in der Mitte, untere Sehne, natürliche Längsfläche und obere Sehne. Extensor carpi ulnaris des Murmelthieres. Doch hatte der Muskel schon seine neuroelektrische und seine idiomuskuläre Reizbarkeit verloren.

d) Untere Sehne, natürliche Längsfläche, obere Aponeurose und künstlicher Querschnitt. Extensor carpi ulnaris des Hundes. Tibialis anticus der Katze.

Da der unter a genannte Muskel noch in hohem Grade empfänglich war, so rührte es wahrscheinlich nicht von dem Abgestorbensein des künstlichen Querschnittes an der Luft her, dass dieser nicht die niederste Stufe in der Spannungsreihe

einnahm. Die Positivität des oberen künstlichen Querschnittes gegenüber der natürlichen Längsfläche des Peroneus war im ganzen sehr gering.

12) Der so häufig gebrauchte Gastrocnemius des Frosches bietet eine Reihe von Budge hervorgehobener Eigenthümlichkeiten dar, die zum Theil von dem oberen Ansatze und der oberen Sehne, zum Theil aber von der Anfügung von Muskelfasern an das innere, der Länge nach dahin gehende Sehnenblatt herrühren. Halten wir uns an die weitaus grössere Zahl der Frösche, so erscheinen nicht blos die obere Anheftung, sondern auch künstliche Querschnitte, die man in bedeutender Entfernung von ihr angelegt hat, positiv gegenüber der natürlichen Längsfläche und der Achillessehne. Man überzeugt sich durch das Seite 218 angegebene Versuchsverfahren, dass die künstlichen Querschnitte der äusseren Muskelfasern, wie gewöhnlich negativ gegenüber der natürlichen Längsfläche sind. Die obere Anheftung des Gastrocnemius ist im Allgemeinen positiv in Vergleich zu den künstlichen Querschnitten, die man in dem Muskel höher oder tiefer anlegt. Das Nähere hierüber und über andere Beziehungen ist in dem Texte ausführlicher angegeben worden.

Macht man einen Längsschnitt durch den Gastrocnemius, so dass hierdurch die schief emporsteigenden und sich an das innere Sehnenblatt setzenden Muskelfasern zum Vorschein kommen*), so zeigt sich in der Regel die absteigende Spannungsreihe: oberer Ansatzpunkt der Fasern an das innere Sehnenblatt, künstliche Längsfläche des Muskels oder Oberfläche der schiefen Muskelfasern und unteres Ansatzende derselben an den hinteren Sehnenspiegel. Man kann also auch hier den sogenannten umgekehrten und den richtigen Muskelstrom hervorrufen, je nachdem man einen Punkt der Längsfläche der schiefen Fasern mit einem höheren Ansatzpunkte an das innere Sehnenblatt oder mit einem tieferen an den äusseren Sehnenspiegel verbindet. Das unterste, der Achillessehne am nächsten gelegene Ende des inneren Sehnenblattes zeigte sich bisweilen schwach positiv gegen den äusseren Sehnenspiegel.

13) Da sich die Muskelfasern kurz vor der Anheftung an die Sehnen verschmälern, d. h. in ihrem Querschnitt immer mehr abnehmen und endlich quer abgestutzt oder zugespitzt enden, so könnte man glauben, dass dieser eigenthümliche Abschnitt die Ursache der oben erläuterten Eigenthümlichkeiten

---

*) Du Bois, Untersuchungen. Bd. I. Taf. IV. Fig. 33.

der Sehnenenden sei. Die Erfahrung ist im Stande, diese Annahme zu beseitigen. Ich finde z. B. an einem Präparate, das von der Anfügung der Muskelmasse des Wadenmuskels an die Achillessehne eines der oben erwähnten Kaninchen herrührt, dass die Länge von dem Anfange der Verschmälerung bis zu dem quer abgestutzten oder zugespitzten Ende $^1/_{16}$ bis $^1/_{30}$ Millimeter beträgt. Mehrfache Erfahrungen lehren aber, dass das eigenthümliche, gegen die Längsfläche positive Sehnenende, d. h. der Bezirk, in dem jeder künstliche Querschnitt jene Positivität gegen die folgende natürliche Längsfläche (nicht aber nothwendig gegen die vorhergehende) darbietet, mehr als ein und selbst mehr als einige Millimeter an Länge einnimmt.

Der Tibialis und der Peroneus des Frosches bieten nicht selten die Erscheinung dar, dass man Stücke von einer Anzahl von Millimetern Länge nach und nach abtragen kann, ohne dass die einzelnen Querschnitte derselben aufhören, gegen die folgende natürliche Längsfläche, d. h. die des übrigen mit dem unteren Sehnenende verbundenen Muskels positiv zu sein. Die Untersuchung des letzten Querschnittes der Art, d. h. dessen, auf den ein negativer Querschnitt in kurzer Entfernung folgt, kann drei Fälle darbieten. Er enthält ein Sehnenblatt und dann kann die Positivität möglicher Weise denselben Grund haben, wie in dem Gastrocnemius. Ich sage möglicher Weise. Denn nicht jedes in dem Innern befindliche Sehnenblatt hat positive Bezirke der sich an dasselbe heftenden Muskelfasern. Oder der Querschnitt enthält zwar kein solches; man findet aber in dem Perimysium einzelne dichtere weise Streifen, von denen es zweifelhaft bleibt, ob sie Enden von Muskelfasern aufnehmen oder nicht. Obgleich die Durchschnitte dieses Gebilde ein so geringes Areal in Verhältniss zu den echten Muskelfaserquerschnitten einnehmen, dass die ihnen entsprechenden natürlichen Muskelenden ausserordentlich stark positiv sein müssten, wenn die Positivität des ganzen Querschnittes von ihnen allein abhinge, so wollen wir doch auch diesen Fall der Sicherheit wegen bei Seite lassen. Man findet aber auch bisweilen entschieden positive Querschnitte noch reizbarer Muskeln, die nur künstliche Querschnitte der Muskelfasern mit dem gewöhnlichen Perimysium unter der Loupe oder dem zusammengesetzten Mikroskope darbieten, keine Spur umgelegter Längsfasern zeigen und keine sauere Reaction gegen sehr empfindliches Lackmuspapier verrathen.

Das Gleiche lässt sich oft künstlich hervorrufen, indem man das noch vorhandene Sehnenblatt, sei es in den Frosch- oder

in Säugethiermuskeln ausschneidet und einen neuen künstlichen Querschnitt in dem Bereiche der Exstirpationsstelle anlegt.

Verfertigt man einen künstlichen Querschnitt nahe an dem letzten positiven Querschnitte in der Richtung nach dem schwächeren Muskelende hin, so erscheint dieser zwar schon negativ in Bezug auf die Längsfläche. Der Ausschlag kann aber bisweilen nur bei dem Gebrauche des ganzen Galvanometers erhalten werden. Erinnert man sich nun an die starken Ablenkungen, welche die Verbindung des natürlichen Längsschnittes mit dem künstlichen Querschnitte sonst gibt, so wird man anerkennen, dass hier noch immer kein gewöhnlicher künstlicher Querschnitt vorliegt, dass man wahrscheinlich nur das schwach vorherrschende negative Endresultat von wettstreitenden positiven und negativen Elementen hat. Dieser Fall findet sich aber nicht selten an Querschnitten, durch welche die meisten oder, soweit es sich übersehen lässt, alle Muskelfasern ziemlich genau auf ihre Längsfläche getrennt worden. Man kann hieraus schliessen, dass jede Muskelfaser ihren eigenen positiven Bezirk hatte, dieser aber eine ungleiche Länge in benachbarten Fasern darbot. Eine Stütze dieses Schlusses besteht darin, dass es hin und wieder nur eines neuen, kaum ein Millimeter entfernten Querschnittes bedarf, um die gewöhnlichen starken Ströme hervorzurufen. Ich muss bemerken, dass man die gesammten Erscheinungen an reizbaren Muskeln, deren Querschnitten nicht sauer reagiren, bemerken kann.

14) Alle diese Verhältnisse haben eine dreifache Folge für die bisher angenommenen Vorstellungen.

a) Die Norm, dass der sogenannte natürliche Querschnitt der Muskelfasern gleich dem künstlichen negativ in Bezug auf die natürliche Längsfläche sei, kann nicht mehr als gültig angesehen werden, da viele Sehnenenden das Gegentheil als regelmässige Erscheinung darbieten und häufig nur das eine Sehnenende das schwächere, das andere das stärkere ist.

b) Die eigenthümliche Beschaffenheit des Sehnenendes des Muskels hängt nicht von dem äussersten natürlichen Querschnitte, und, wo sich die Sache genauer verfolgen lässt, nicht blos von den verschmälerten Endstücken der Muskelfasern, sondern häufig von weit längeren Strecken ab. Man muss daher den Ausdruck natürlichen Querschnitt bei der Bestimmung des elektrischen Gegensatzes der Sehne und der natürlichen Längsfläche fallen lassen. Ich habe deswegen immer von dem Sehnen- oder Aponeurosenenden des Muskels in dieser Arbeit gesprochen.

c) Die parelektronomische Schicht, durch die man die geringere Negativität oder selbst die Positivität einzelner Sehnenenden zu erklären suchte, würde aus dipolaren Molecülen bestehen, die den Enden der Längsreihen der peripolaren Molecüle der Muskelfasern aufgesetzt sind, also eine Lage von unmerklicher Dicke darstellen*). Da aber häufig der positive Endbezirk eine Längenausdehnung von einem oder mehrere Millimeter hat, so kann jene Hypothese nicht mehr genügen.

15. Gibt die Achillessehne des Gastrocnemius des Frosches einen schwachen richtigen Strom, so verstärkt man ihn, wie du Bois**) fand, wenn man den untersten Theil des Muskels nur einen Augenblick in eine concentrirte Kochsalzlösung taucht. Man stösst bisweilen auf eine weit grössere Hartnäckigkeit in Betreff des stärkeren Sehnenendes. Ein Gastrocnemius des Frosches kann fünf Minuten in einer concentrirten Kochsalzlösung gelegen haben, ohne dass er aufhört, den umgekehrten Strom mit dem oberen und den richtigen mit dem unteren Sehnenende zu liefern. Eben so wenig vernichtet nothwendiger Weise ein eine Minute dauernder Aufenthalt des Semitendinosus in jener Lösung die Wirkung des stärkern Sehnenendes.

16) Man findet in seltenen Fällen Frösche, deren beide Gastrocnemii keine stärkeren höheren Sehnenenden der schief emporsteigenden Muskelfasern darbieten. Ein oberer künstlicher Querschnitt ist daher auch nicht, wie gewöhnlich, positiv, sondern negativ in Bezug auf die natürliche Längsfläche.

17) Man sieht an dem Gastrocnemius des Frosches und an dem Wadenmuskel des Kaninchens, dass die durch die Tetanisation des Hüftnerven bedingte Zusammenziehung eine negative Schwankung des eben vorhandenen Stromes in allen Fällen hervorruft, ganz gleichgültig, ob dieser richtig oder umgekehrt sei, ob man von dem oberen oder dem unteren Sehnenende, einem dieser beiden und der natürlichen Längsfläche oder dieser und einem künstlichen Querschnitte ableitet. Das Gleiche zeigte sich durchgehends in den Wadenmuskeln des oben erwähnten Murmelthieres. Frühere Beobachtungen, die ich an erstarrten Murmelthieren anstellte, lieferten mir einzelne Muskeln, die positive und andere, die negative Schwan-

*) Du Bois, Bericht über die Verhandlungen der Berliner Akademie. 1851. S. 394.

**) Ebendaselbst S. 389.

kungen bei der Verkürzung bei mehrfacher Wiederholung darboten*). Jene bilden daher kein beständiges Merkmal für den Winterschlaf der Murmelthiere. Du Bois**) fand in Fröschen, die durch Kälte erstarrt waren, dass die Achillessehne nur schwach negativ, neutral oder selbst positiv in Bezug auf die natürliche Längsfläche des Gastrocnemius erschien. Die positive Ablenkung vergrösserte sich dann bei der Zusammenziehung.

Man kann nicht die Kältestarre der Frösche dem Winterschlafe der Murmelthiere gleichstellen. Es ist nämlich ein Grundunterschied, der gerade die Wärmeverhältnisse betrifft, abgesehen von der Verschiedenheit der übrigen Erscheinungen vorhanden. Ein Frosch kann Eis in seinem Unterleibe haben und sich dessen ungeachtet in höherer Wärme vollständig erholen. Er bleibt aber in der Kälte immer in der Starre und um so mehr, je grösser jene ist. Die Murmelthiere schlafen nur innerhalb gewisser Grenzen niederer Temperaturen. Eine Kälte von -7^0 bis -16^0 weckt sie rascher, als eine höhere Wärme, lässt sie nicht mehr zum Schlafen kommen und setzt sie der Gefahr des Erfrierens aus.

18) Die in dieser Abhandlung enthaltenen Untersuchungen bestätigen abermals, dass sich die den frischen Muskeln entsprechende Richtung der abgeleiteten elektrischen Ströme einen beträchtlichen Zeitraum nach dem Tode erhält und die neuromusculäre und die idiomuskuläre Verkürzung lange überdauert. Man bekommt zuerst starke und später immer schwächere Ausschläge in dem entsprechenden Sinne. Die letzten liessen sich z. B. nach $51^1/_2$ Stunden nach der Umschnürung der Luftröhre in dem lange vorher losgetrennten Wadenmuskel des oben erwähnten Muskelthieres beobachten. Eine deutliche Todtenstarre wurde in der Zwischenzeit bei keiner Prüfung dieses gesonderten Muskels bemerkt.

19) Kehrt sich die Stromesrichtung durch die Fäulniss um, so geschieht dieses nicht auf ein Mal in der gesammten Muskelmasse, sondern nur bezirksweise. Man findet daher z. B. bisweilen einen Gastrocnemius des Frosches, dessen Achillessehne schon positiv zu dem oberen Muskelende, dagegen noch negativ zur natürlichen Längsfläche erscheint. Salzwasser kann dann wieder das obere Ende in Bezug auf das untere positiv machen. Der künstliche Querschnitt von

---

*) Moleschott's Untersuchungen. Bd. VIII. Giessen. 1861. 8. S. 140. 141. 155.

**) Du Bois an dem zuletzt angeführten Orte. S. 396.

Säugethiermuskeln wird leicht positiv mit dem Sauerwerden. Er erscheint im Laufe der Fäulniss zuerst noch negativ zu dem kräftigen Sehnenende. Man findet oft zuletzt Muskeln, in denen der künstliche Querschnitt das erste Glied der absteigenden Spannungsreihe darstellt.

Man begegnet nicht selten faulenden Muskeln, die den richtigen und den entgegengesetzten Strom darbieten, je nachdem man die natürliche Längsfläche mit dem jetzt stärkeren und dem schwächeren Sehnenende verbindet. Der Fall, dass ein Ort der Längsfläche positiv und ein anderer negativ zu dem gleichen Sehnenende erscheint, kommt bei dem allmäligen Fortschritte der Fäulniss von Stelle zu Stelle häufig vor.

20) Ich habe mich vergeblich bemüht, die Angabe der Stromlosigkeit symmetrischer Punkte und der mit der Asymmetrie wachsenden Stromerzeugung zu bekräftigen. Die Studien in Betreff der Längsfläche wurden vorzugsweise an den vorherrschend gerad- und parallelfassrigen Sartorius und Rectus internus des Frosches und dem Sternomastoideus und dem Sternohyoideus den Kaninchens gemacht. Die Beobachtungen über die symmetrischen Punkte des künstlichen Querschnittes bezogen sich auf die drei ziemlich regelmässig gebildeten Abtheilungen der Wadenmuskeln, auf den Flexor digitorum communis und den Extensor cruris des Murmelthieres, den Flexor antibrachii, den Triceps brachii und den tieferen Theil des Extensor cruris des Kaninchens. Ich arbeitete häufig an Muskeln, die noch eine lebhafte neuroelektrische Empfänglichkeit nach den galvanometrischen Prüfungen darboten. Nie stiess ich auf eine Stromlosigkeit, wenn ich 2 von der Aequatorialebene der Längsfläche nach entgegengesetzten Seiten gleich abstehende Punkte prüfte. Dasselbe wiederholte sich für zwei Bezirke des künstlichen Querschnittes, die von dem nur annähernd zu bestimmenden Mittelpunkte gleich weit entfernt waren. Die Ausschläge, die zwei asymmetrische Punkte hervorriefen, waren häufig nicht grösser, oft sogar kleiner als die symmetrischer, jene mochten weniger oder ebenso weit als diese wechselseitig abstehen.

Eine kurze Betrachtung kann auch zeigen, dass man die Stromlosigkeit zweier symmetrischen Punkte nur mit grösstem Misstrauen aufzunehmen hätte, wenn sie vorkäme.

Die Fasern eines frischen, dünnen, parallelfaserigen Muskels, der ausgeschnitten worden, bilden Zickzackbiegungen, die an den einzelnen Stellen ungleich ausfallen. Manche der querdurchschnittenen Muskelfasern stülpen sich, wie der Aufschlag eines Rockes um, so dass die Innenmasse des Muskels

frei liegt. Andere spitzen sich zu, so dass kleine Strecken der äusseren Längsfläche dem künstlichen Querschnitte entsprechen. Noch Andere zeigen keines von Beiden. Diese örtlichen Verschiedenheiten haben einen nur verschwindend geringen Einfluss, wenn es sich um den Gegensatz von Längsfläche und Querschnitt handelt. Berührt man aber zwei symmetrische oder asymmetrische Stellen desselben Längs- oder Querschnittes, so können sich wahrscheinlich diese Unterschiede geltend machen. Dazu kommt die Unregelmässigkeit der natürlichen Form aller Querschnitte, welche selbst die besten Muskeln darbieten, die Verzerrung, die bei der Herrichtung eintritt und die häufige Anwesenheit innerer Sehnenblätter gerade bei den am günstigsten gestalteten Muskelmassen.

Als Helmholtz*) seine Untersuchungen über die Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern anstellte und hierbei zu seinen Theoremen über die elektromotorische Oberfläche kam, dehnte er auch seine Betrachtungen auf die Muskeln und die Annahme peripolarer Muskelmoleküle aus. So leicht sich hiernach der Strom zwischen der positiven Längs- und der negativen künstlichen Querschnittsfläche erklärt, so räthselhaft bleiben unter Anderem die Ströme der einzelnen Punkte der Längs- oder der Querschnittsfläche**). Da die oben dargestellten Beobachtungen nicht nur die Existenz derselben für asymmetrische Punkte bestätigen, sondern noch für symmetrische darthun, so bleibt in Zukunft nur übrig, nach den von Helmholtz schon angedeuteten ändernden Nebenverhältnissen zu suchen, wenn man die Theorie der peripolaren Moleküle beibehält. Ein Umstand erleidet kaum einen Zweifel, dass nämlich die elektromotorischen Kräfte des ausgeschnittenen Muskels während der Prüfungszeit am Galvanometer nicht, wie es die Theorie forderte, beständig blieben. Die Reizbarkeit sinkt in jedem Falle und verliert sich in kleinen Muskelmassen nach kurzer Zeit gänzlich. Man kann sich an grösseren Muskeln überzeugen, dass die Empfänglichkeit an verschiedenen Stellen der Länge ungleich abnimmt, dass der Gang des Sinkens mit Verschiedenheit der Orte wechselt. Der Querschnitt wird nach einiger Zeit weniger negativ oder in minder empfänglichen Säugethiermuskeln positiv. Lässt man die Schnüre oder Hülfsbäuche an zwei

---

*) Helmholtz in Pogg. Annalen. Bd. LXXXIX. 1853. S. S. 211—223 und S. 353—377.

**) Helmholtz, Ebendaselbst S. 371—75.

Punkten des Querschnittes einige Zeit liegen, so nimmt der Strom merklich ab. Alle Ausschläge können bei dem Gebrauche des halben Galvanometers und der Ableitung symmetrischer oder asymmetrischer Punkte fehlen. Die geringste Verrückung der einen Zuleitungsschnur dagegen hat eine Nadelbewegung zur Folge. Ich beobachtete daher auch die Regel, die Ableitungsstellen immer erst unmittelbar vor der Herstellung der Verbindung mit dem Galvanometer zu berühren.

Zeigt sich nun mit den gegenwärtig zu Gebote stehenden feineren Prüfungsmitteln, dass die Annahme der Stromlosigkeit der symmetrischen Punkte und der Zunahme des elektrischen Gegensatzes mit der Grösse der Asymmetrie keine durch die Versuche zu erhärtende Grundlage hat, und bildet sie für die jetzt möglichen Vorstellungen eher einen Gegenstand der Verlegenheit, als ein Object der Aufklärung, viel weniger eine nothwendige Forderung einer bindenden Theorie, so dürfte keine Ursache vorhanden sein, sie ferner festzuhalten. Die Frage, ob die in ihren Lebenseigenschaften vollkommen unversehrten Muskeln ebenfalls Ströme von verschiedenen Punkten der Längsfläche darbieten, muss wahrscheinlich eher bejahend, als verneinend beantwortet werden.

Ueber die nach der Durchschneidung des Trigeminus auftretenden Ernährungsstörungen am Auge und anderen Organen.

Von

Dr. **C. Büttner** in Göttingen.

Hierzu Taf. IX.

Durch die Untersuchungen von Magendie, Longet, Valentin, Budge, v. Graefe, Schiff, Bernard ist es hinlänglich bekannt, welche Störungen in der Ernährung der Conjunctiva und Hornhaut eintreten, nachdem bei Thieren der N. trigeminus oder auch nur der Ram. ophthalmicus desselben in der Schädelhöhle vollständig durchschnitten, oder beim Menschen dieser Nerv auf irgend eine Weise eingreifend verletzt ist.

Was die nächste Ursache dieser bekannten Augenentzündung betrifft, so hat man darüber schon früher verschiedene Ansichten vorgebracht so wie Controlversuche zur Prüfung derselben unternommen. Es ergab sich, dass nicht etwa ein Mangel der Thränensecretion, nicht die mittelbar bedingte Aufhebung des Augenlidschlages, nicht die beschleunigte Verdunstung von dem offen stehenden Auge als wesentliche nächste Veranlassung der Hyperämie und nachfolgenden Entzündung des äussern Auges angesehen werden konnte, dass noch weniger diese Erscheinungen etwa von den bei der Trigeminusdurchschneidung bewirkten Nebenverletzungen abhängig gemacht werden konnten; und wie im Anfang Magendie, so war es später namentlich Schiff, welcher sich bemühete den Beweis zu führen, dass es sich um die Aufhebung eines unmittelbaren Einflusses von im Trigeminus verlaufenden Nervenfasern auf die die normale Ernährung der Conjunctiva und Cornea zunächst bedingenden Momente handle.

Die Lähmung der vasomotorischen Fasern für die betreffenden Augentheile bedingt, so schloss Schiff, unmittelbar zunächst Erweiterung der Blutgefässe und im Gefolge davon, ohne dass ein weiteres Moment hinzuzukommen braucht, die Entzündung.

Diesen Satz griff Snellen*) an und glaubte ihn durch neue Versuche widerlegen zu können. Snellen kam bei Gelegenheit anderer Versuche auf die auch schon früher von Schiff geprüfte Vermuthung, es möchten das seiner Sensibilität beraubte Auge mechanische Reize, Verletzungen ungehindert treffen und eine traumatische Augenentzündung veranlassen. Schiff hatte die Augenlider zugenähet und trotzdem die Ernährungsstörungen gerade so, wie sonst eintreten und verlaufen gesehen. Snellen aber meinte, ein solcher Schutz könne auch gar nicht geeignet sein, das Auge vor den Verletzungen zu bewahren, weil ja die Augenlider selbst unempfindlich seien. Snellen nähete daher bei Kaninchen vor die Augenlider noch ausserdem den Ohrlöffel, indem er darauf rechnete, dass nun die gegen das Auge gerichteten Stösse empfunden und vermieden werden würden.

Es werden zwei dergleichen Versuche mitgetheilt. In dem ersten derselben nahm die Schleimsecretion auf der Conjunctiva zwar zu, aber die Hornhaut blieb klar bis zum 5. Tage; Gefässinjection wurde nicht wahrgenommen. Das Auge wurde täglich gereinigt. Als sich in Folge des Abfallens der Nähte der Augenlider der Eiter in dem Auge anhäufte, entwickelte sich Trübung der Hornhaut, und als dann das Auge ganz frei gelassen wurde, traten die gewöhnlichen Folgen der Trigeminusdurchschneidung ein. In dem zweiten Versuche gelang es, das gefühllos bleibende Auge, welches auch täglich gereinigt werden musste, 10 Tage lang ganz normal zu erhalten; als dasselbe dann frei gelassen wurde, entwickelte sich ebenfalls die gewöhnliche Entzündung. Snellen zog aus diesen Versuchen den Schluss, dass die Keratitis, welche nach der Durchschneidung des Trigeminus entsteht, keinesweges den trophischen Einfluss des Ganglion Gasseri beweise, sie beweise nur, dass mechanische Reize auch in gefühllosen Theilen Entzündung erregen können, und dass Nervendurchschneidung den Entzündungsprocess nicht wesentlich modificire.

Die Erwähnung des Ganglion Gasseri in diesem Schluss ist nicht gegen Schiff gerichtet, welcher vielmehr selbst gerade entschieden gegen die Bedeutung des Ganglions als

---

*) Archiv für die holländischen Beiträge. I. p. 206.

Ursprung der vasomotorischen Fasern sich ausgesprochen hat, worauf ich noch zurückkomme; es geht aber aus den Worten Snellen's ganz deutlich hervor, und das ist hier zunächst von Interesse, dass er überhaupt nur die Gefühllosigkeit des Auges in Betracht ziehen will als das einzige Seitens der Trigeminusdurchschneidung eingeführte Moment, und zwar als mittelbare Veranlassung der seiner Meinung nach rein traumatischen Keratitis, so fern die Gefühllosigkeit den Traumen den Zutritt gestatte. Hervorzuheben ist, dass Snellen nur von der Keratitis in diesem Sinne spricht und sich über die Conjunctivitis nicht weiter äussert. Letztere war auf den Lidern offenbar vorhanden oder bildete sich wenigstens trotz seines Schutzes des Auges, denn täglich musste der vermehrte Schleim entfernt werden.

Schiff bemerkte gegen den Schluss, den Snellen aus seinen Versuchen zog, dass derselbe nicht passe für den Menschen, bei welchem sich ja trotz sorgfältiger Pflege die neuroparalytische Hyperämie des Auges zeige, und ferner auch nicht für solche Fälle bei Thieren, in welchen nach unvollkommener Durchschneidung des Ramus ophthalmicus das Auge zwar ganz gefühllos sei, aber nicht die geringste Hyperämie und deren Folgen zeige. Dieser Einwand ist, wie unten ausführlicher zur Sprache kommen wird, vollkommen berechtigt. Sodann macht Schiff gleichfalls mit Recht die Ausstellung gegen die beiden Versuche Snellen's, dass der Sectionsbericht fehle und nicht constatirt sei, dass die Nervendurchschneidung vollkommen geglückt war. Dass das Vernähen der Augenlider selbst einen Entzündungsreiz abgeben konnte, deutet Snellen selbst an, eben deshalb wäre aber auch die Constatirung der gelungenen Nervendurchschneidung durchaus nothwendig gewesen, und liess sich dies nicht etwa ohne Weiteres daraus folgen, dass später nach Freilassung des Auges die Entzündung eintrat, was unter anderen Umständen beweisender hätte sein können.

Schiff hat die Versuche Snellen's wiederholt*). Er vermisste trotz aller Vorsichtsmassregeln die Hyperämie der Conjunctiva palpebrarum und der Iris nie; die Schleimabsonderung der Conjunctiva war höchstens etwas geringer, als sonst nach der Trigeminusdurchschneidung; die Hyperämie der Conjunctiva bulbi war beschränkt; die Trübung der Horn-

---

*) Hauser, Sur l'influence du système nerveux sur la nutrition. Schiff, Lehrbuch der Physiologie. p. 387.

haut fehlte (mit Ausnahme eines zu früh tödtlich endigenden Falles) niemals völlig, sie war beschränkt, partiell und in verschiedenen Fällen ungleich. Die Section ergab stets vollständige Durchschneidung bald vor bald hinter dem Ganglion. Schiff schliesst, dass die Hornhauttrübung allerdings scheine keine unmittelbare gesetzmässige Folge der neuroparalytischen Hyperämie zu sein, sondern äusseren Einflüssen wechselnder Art ihre Entstehung verdanke, welche durch Snellen's Verfahren wohl beschränkt, aber doch nicht ganz vermieden werden können.

Schiff urgirt aber ganz besonders gegen Snellen, dass die neuroparalytische Hyperämie als Folge der vollständigen Lähmung des Trigeminus immer vorhanden sei, und dass diese ferner eine nothwendige Bedingung sei für das Entstehen der Augenentzündung, denn nur bei ihrer Gegenwart sei das Auge geneigt, durch verhältnissmässig unbedeutende Reize in Entzündung zu gerathen. Schiff macht dafür, wie schon bemerkt, speciell geltend, dass zuweilen das Auge anästhetisch ist, ohne sich zu entzünden, bei unvollkommener Durchschneidung des Nerven, und dass beim Menschen bei vorhandener Lähmung der vasomotorischen Fasern so sehr geringfügige Reize, wie sie trotz, vielleicht aber auch in Folge, der sorgfältigen Pflege das Auge treffen, zur Zerstörung desselben führen können.

Offenbar ist die durch Snellen wieder angeregte Frage durch die vorstehend kurz besprochenen Versuche noch nicht mit Sicherheit und vollständig beantwortet. Snellen's Versuche sind zu spärlich, lassen Einwände zu, und sein Schluss steht im Widerspruch zu bestimmten Angaben. Schiff fand Snellen's Angaben nur zum Theil bestätigt, und obwohl er sehr geneigt ist, das von Snellen hervorgehobene Moment, jedoch in anderm Sinne anzuerkennen, so lassen doch auch seine Versuche die Sache noch einigermassen unbestimmt, wie denn Schiff auch hervorhebt, dass die Snellen'sche Versuchsmethode doch nicht im Stande sei, jene von Aussen kommenden Veranlassungen zur Entzündung ganz abzuhalten.

Samuel*) dagegen, der neueste Autor über den in Rede stehenden Gegenstand, betrachtet die beiden Versuche Snellen's schon als vollkommen beweisend, jedoch zieht auch er keineswegs den Schluss, den Snellen zog. Samuel sucht, wie

*) Die trophischen Nerven. Ein Beitrag zur Physiologie und Pathologie. Leipzig. 1860.

bekannt, nachzuweisen, dass weder Lähmung noch Reizung der vasomotorischen Nerven jemals zu Ernährungsstörungen, zur Entzündung führt, und dass die nutritiven Störungen, welche von Nerven aus bewirkt werden können, von dem Einflusse einer besondern Klasse von Nervenfasern abhängig seien, den trophischen Nerven.

Samuel hat experimentell zu zeigen versucht, dass Reizung gewisser Nervenfasern sehr acute heftige Entzündung der betreffenden Gewebe bedinge, und eben weil die Reizung vasomotorischer Fasern dies nicht bedingt, so schliesst Samuel, dass es sich in jenen Fällen um besondere trophische Nervenfasern handele. Lähmung dieser trophischen Nervenfasern bedingt nach Samuel an sich keine Entzündung, wohl aber einen Zustand verminderter Widerstandsfähigkeit der Gewebe gegen äussere Reize, Schädlichkeiten, und dies bedingt, dass traumatische Entzündungen, oft gangränescirend, leicht entstehen, durch solche Reizungen entstehen, welche in dem normal innervirten Gewebe gar keine Veränderung hervorbringen. Für diesen Theil seiner Theorie macht Samuel einerseits pathologische Beobachtungen geltend, andrerseits eben jene Versuche von Snellen, durch welche er nur das für bewiesen erachtet, dass die nach der Durchschneidung des Ganglion Gasseri eintretende Entzündung durch Trauma veranlasst werde, nicht aber mit Snellen weiter auch für erwiesen annimmt, dass dasselbe Trauma auch würde die gleiche Entzündung bewirkt haben, wenn der Trigeminus nicht durchschnitten gewesen wäre und die Schädlichkeit Zutritt gehabt hätte.

Samuel ist somit in einer Hinsicht in Uebereinstimmung mit Schiff, dagegen hält Samuel das, was Schiff als durch die Lähmung der Gefässnerven bedingt ansieht, den Zustand verminderter Widerstandsfähigkeit oder erhöheter Reactionsthätigkeit, für die Folge der Lähmung besonderer trophischer Nerven. Samuel selbst hat die Versuche Snellen's nicht wiederholt und auch überhaupt keine eigenen Versuche über die Folgen der Trigeminusdurchschneidung angestellt.

Unter der Leitung und Theilnahme des Herrn Professor Meissner habe ich im Göttinger physiologischen Institute versucht, die Frage nach den Ursachen der nach der Trigeminusdurchschneidung eintretenden Augenentzündung ihrer definitiven Entscheidung näher zu bringen.

Da es für das, was hier untersucht werden sollte, offenbar nicht sowohl darauf ankam, die Versuche bei verschiedenen Thieren anzustellen, als vielmehr nur eine recht

grosse Zahl von Versuchen überhaupt vorzunehmen, so haben wir nur Kaninchen benutzt. Die Zahl der Thiere, an denen die Durchschneidung des Trigeminus zu machen versucht wurde, beläuft sich auf etwa 60, die Zahl derer, bei denen die Operation ohne gefährliche Nebenverletzungen gelang, auf etwa 25.

Das Neurotom, dessen wir uns bedienten, ist demjenigen ähnlich, welches Bernard in den Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux II. p. 51 abbildet, weicht jedoch darin von diesem ab, dass das Messerchen, in welches der dünne Stiel ausläuft, nicht jene unnöthige Länge hat und überhaupt so klein ist, als es die geforderten Leistungen, namentlich die Durchbohrung des Schädels, nur irgend zulassen; auch benutzten wir für kleinere Thiere ein kleineres Instrument, als für die grösseren.

Das Verfahren der Einführung des Neurotoms war genau dasjenige, welches Bernard a. a. O. p. 53 beschreibt. Gelingt es, das Instrument an der richtigen Stelle durch den Schädel dringen und sich dann beim Vorrücken durch die Pars petrosa leiten zu lassen, an deren unterem Rande der Rücken des Messerchens hingleiten soll, so trifft man sicher auf das Ganglion Gasseri oder auf den Ursprung der drei Zweige aus demselben. Die Unglücksfälle, die sich ereignen können, wie Anschneiden der Carotis, des Sinus cavernosus, Verletzung der Hirnstiele oder der Brücke, sind bekannt; Fälle, in denen Derartiges vorkam, wurden von uns nicht weiter berücksichtigt. Diejenige Nebenverletzung, welche kaum ganz zu vermeiden sein dürfte, ist ein kleiner Einschnitt in den Seitentheil des Unterlappens des grossen Gehirns, da nämlich, wo das Messer durch die Schädelwand dringt. Diese Verletzung kann aber und soll bei richtiger Führung des Neurotoms nur eine sehr kleine sein, denn das Messer soll keineswegs durch den Unterlappen weiter vordringen, sondern soll sofort nach Durchbohrung des Knochens so gewendet werden, dass es am untern hintern Rande der untern Schädelgrube zwischen der Dura mater und der Pia mater hingleitet. Ist die Verletzung des Unterlappens nur so klein, so hat sie gar keine merkliche Störungen zur Folge, und das Leben der Thiere wird dadurch durchaus nicht gefährdet.

Was den Schnitt durch das Ganglion oder durch den Ramus ophthalmicus betrifft, so muss aus später anzuführendem Grunde ein Gewicht darauf gelegt werden, dass derselbe ein einfacher, mit scharfer Schneide geführter Schnitt sei, ohne weitere Zerstörung in der Umgebung, und um dies möglich zu machen, muss das Thier, und besonders der

Kopf desselben, den der Operateur selbst in der Hand hat, in dem Moment des Schnittes sehr fest gehalten werden, so dass das Thier trotz des heftigen Schmerzes sich nicht bewegen kann.

Eine erste Reihe von Versuchen war dazu bestimmt, nur die Erscheinungen, wie sie nach der Trigeminusdurchschneidung eintreten, zur Anschauung zu bringen. Die Thiere wurden nach der Operation sich selbst überlassen, ohne dass am Auge irgend Etwas vorgenommen wurde.

Von diesen Versuchen wollen wir speciell nur zwei hervorheben, weil dieselben ganz besonders geeignet sind zu beweisen, dass die Operation der Trigeminusdurchschneidung so ausgeführt werden kann, dass das Leben der Thiere dadurch in gar keiner Weise gefährdet ist, und die Angabe Funke's (Lehrbuch der Physiologie, 3. Aufl. II. p. 500), dass die Thiere die einseitige Trigeminusdurchschneidung in keinem Falle lange Zeit überlebten, sich nur auf Versuche mit bedeutenden Nebenverletzungen beziehen kann, welche ihrerseits den frühzeitigen Tod herbeiführten.

Ein Kaninchen wurde im Anfang des Januars 1861 operirt; die Operation gelang vollkommen, das Allgemeinbefinden des Thieres war stets ungestört, und zu Ende des Jahres 1861 wurde dasselbe für einen andern Versuch geopfert.

Nach der Operation und vielfach später wurde die vollständige Anästhesie des ganzen Trigeminusgebietes constatirt; die Kaumuskeln der betreffenden Seite waren gelähmt, in Folge dessen nach etwa 14 Tagen hochgradige Atrophie dieser Muskeln, besonders leicht am Masseter, auf's deutlichste zu bemerken war, so wie die schräge Abschleifung der Zähne. Am Auge traten die gewöhnlichen Vorgänge ein, Hyperämie der Conjunctiva, starke Absonderung, Trübung der Hornhaut, Entzündung, vollständige Undurchsichtigkeit, vermehrt durch Bildung dicker Eiterkrusten. Perforation der Hornhaut haben wir bei dieser Art der Augenentzündung nie beobachtet. Ausser diesen Ernährungsstörungen am Auge trat wie gewöhnlich bei vollständiger Trigeminusdurchschneidung Hyperämie und stärkere Schleimabsonderung in der einen Nasenhöhle auf, ferner Exulcerationen auf der innern Fläche der Ober- und Unterlippe auf der gelähmten Seite, da wo beim Fressen die Nagezähne die Lippenschleimhaut reiben; eine ähnliche Exulceration tritt am Zungenrande auf, gleichfalls da, wo dieser beim Fressen sich an den Vorderzähnen reibt. Auf diese Exulcerationen auf der Mundschleimhaut, die wir bei allen Fällen von ganz vollständiger Trigeminusdurchschneidung,

in denen das Leben nicht durch Nebenverletzungen gefährdet war, beobachtet haben, kommen wir unten zurück. Etwa 3 Wochen nach der Operation machte die Augenentzündung keine weiteren Fortschritte mehr; das Auge wurde trocken, die Augenlidspalte war zum Theil über der ganz undurchsichtig gelben Hornhaut verwachsen, und so blieb das Auge bis zum Tode. Die stärkere Absonderung der Nase hörte nach einigen Wochen auf; die Geschwüre an Lippen und Zunge trockneten sich, jedoch blieb der bis dahin eingetretene Substanzverlust. Die Kaumuskeln regenerirten sich, und erreichten nach etwa 10 Wochen wieder vollkommen die normale Mächtigkeit; das Thier kaute wieder auf der operirten Seite, und die vorher ganz schief geschliffenen Zähne bekamen wieder ganz normale grade Ränder. Während also der motorische Theil des Nerven vollständig wieder hergestellt war, auch alle entzündlichen Ernährungsstörungen nicht weitere Fortschritte machten, so konnte in diesem Falle eine Regeneration der sensiblen Theile des Nerven bis zum Tode nicht constatirt werden, die Anästhesie, auch die des Auges blieb unverändert. Dies ist nicht der gewöhnliche Fall, da im Allgemeinen sensible Nerven leichter zusammenheilen und wieder functionsfähig werden als motorische; wahrscheinlich verhinderten in jenem Falle besondere Umstände die Regeneration der sensiblen Fasern. Als nach einem Jahre ungefähr die Section gemacht wurde, konnte noch ganz deutlich die Stelle erkannt werden, durch welche der Schnitt geführt war; das Ganglion Gasseri, so wie die hinter demselben verlaufende Portio minor war mitten durchgeschnitten und später wieder verwachsen, wobei jedoch die Narbe als eine leichte Einschnürung des Ganglions kenntlich geblieben war.

Von einer etwaigen Gehirnverletzung war Nichts mehr zu sehen. Das Auge war im Innern für die makroskopische Untersuchung normal.

Ein zweites Thier, welchem jedoch nur der Ramus ophthalmicus durchgeschnitten war, was die Section später ergab, lebte gleichfalls vollkommen gesund, bis auf die localen Veränderungen am Auge, ungefähr $^3/_4$ Jahre und wurde dann zu einem andern Versuche benutzt. Die Ernährungsstörung so wie die Anästhesie betrafen hier nur das Auge und natürlich war keine motorische Lähmung vorhanden. Fälle, in denen die operirten Thiere, theils mit vollständiger Durchschneidung im Ganglion, theils mit Durchschneidung des Ram. ophthalmicus allein 1—2 Monate, auch darüber, lebten und dann getödtet oder anderweitig benutzt wurden, haben wir

ausserdem oft gehabt, und es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass die Kaninchen mit rein ausgeführter Trigeminusdurchschneidung unbegrenzt fortleben können.

In einer zweiten, nur kleinen Versuchsreihe, wurden sofort nach der Operation die Augenlider vernähet. Wir bedienten uns dazu statt der Fäden des auch in der Chirurgie gebrauchten sehr feinen ausgeglüheten Eisendrahtes, welcher den Vortheil gewährt, dass die Nähte sich nicht so leicht entzünden, und dass man dieselben zum Oeffnen und Schliessen einrichten kann, ohne jedes Mal die Naht ganz wegnehmen und wieder neu anlegen zu brauchen. Die Hyperämie, die Conjunctivitis und Keratitis blieben nicht aus, wie das auch die früheren Beobachter sahen. Die Hyperämie auf dem Bulbus entwickelte sich etwas langsamer, als bei freiem Auge. Die Thiere wurden nach 6 bis 9 Tagen getödtet, und die Section ergab stets vollständige Durchschneidung entweder des ganzen Ganglions oder des Ursprungs des Ram. ophthalmicus, worauf es uns nur ankam.

In der dritten Versuchsreihe wurde das Verfahren von Snellen befolgt. Die Augenlider wurden sorgfältig, ohne die Schleimhaut zu fassen, zugenäht und davor der Ohrlöffel ebenfalls mit Draht befestigt. Die Nähte konnten durch Aufhäkeln geöffnet und das Auge jeder Zeit untersucht werden. Bei den drei Kaninchen, welche in dieser Weise behandelt wurden, blieb die Hyperämie der Conjunctiva und die Trübung der Hornhaut gleichfalls nicht aus, und waren diese eingetreten, so nahm die Entzündung auch ihren gewöhnlichen Verlauf. Allerdings aber zeigten sich die ersten Spuren der Augenaffection nicht so bald nach der Trigeminusdurchschneidung, wie es sonst der Fall zu sein pflegt. Bei einem dieser Thiere zeigten sich erst am dritten Tage Entzündungserscheinungen. Die Section ergab in zweien dieser Fälle vollständige Durchschneidung des Ganglions, im dritten Falle liess man das Thier am Leben. Die Augenentzündung nahm denselben Verlauf wie bei dem oben zuerst aufgeführten Thiere; nach einigen Wochen trat ein Stillstand in der Ernährungsstörung ein, ohne dass eine Restitution stattfand; die Sensibilität stellte sich nach ungefähr zehn Wochen wieder her, während in diesem Falle die Kaumuskeln etwa $^1/_2$ Jahr gelähmt und atrophisch blieben.

Unsere Versuche nach Snellen's Methode fielen also im Allgemeinen ähnlich denen von Schiff aus; jener Schutz des Auges bedingte wohl eine Verzögerung, eine langsamere Aus-

bildung der Augenaffection, aber ein weitergehender Einfluss war nicht zu bemerken.

Nehmen wir an, was Snellen behauptete, Samuel als erwiesen ansieht und auch Schiff zugibt, dass äussere Reize, Traumen nöthig sind, wenn sich das Auge nach der Trigeminusdurchschneidung entzünden soll, so konnte man in der That von dem Verfahren Snellen's kaum einen günstigern Erfolg erwarten, wenigstens nicht als Regel. Wenn Snellen das blosse Zunähen der Augenlider verwarf, sofern die Augenlider unempfindlich seien, so musste bei seiner Ansicht, ganz abgesehen von den Nähten, auch der Verdacht entstehen, ob nicht die Reibung zwischen Bulbus und Augenlidern, die Berührung mit dem noch dazu vermehrten Secret der Schleimhaut selbst als schädliche Reize wirken können, ganz besonders aber, dass beim Vorlegen des Ohres vor das Auge gar leicht Haare sowohl die Augenlider als auch den Bulbus reizen können.

Wir haben deshalb versucht, dass Auge auf eine mehr dem Zweck entsprechende Weise vor äusseren Reizen zu schützen. Da die Thiere nach der Trigeminusdurchschneidung keine Veranlassung mehr finden, die Augenlider zu schliessen, auch der betreffende Reflexmechanismus aufgehoben ist, so steht das anästhetische Auge fast dauernd offen. Wir haben nun keineswegs die Lider vernäht, sondern das Auge ganz offen gelassen; alle in der Umgebung des Bulbus befindlichen längeren Haare wurden sorgfältig abgeschnitten, damit nicht etwa von diesen eines den Bulbus berühren und reizen möchte. Zum Schutz des Auges wurde eine weite Kapsel vor demselben befestigt. Diese Kapsel hat die Gestalt eines flachen Mannshutes und ist aus steifem Leder verfertigt. Als Boden des Hutes ist ein Uhrglas in einem Falz des Leders eingesetzt, so dass man das Auge, ohne die Kapsel zu entfernen, wenigstens was die äusseren Theile betrifft, gut übersehen kann. Die Höhe des Hutes beträgt nahezu $^1/_2$ Zoll, der Durchmesser der Höhlung über 1 Zoll, so dass also diese Kapsel überall in weiter Entfernung vom Auge absteht. Der breite aus weicherm Leder bestehende Rand oder die Krämpe des Hutes ist bis auf vier in gleichem Abstande befindliche Zipfel weggeschnitten, und diese vier Zipfel dienen dazu, die Kapsel am Kopfe des Kaninchens zu befestigen.

Zuerst suchten wir dies durch Bänder zu bewerkstelligen, welche von jenen Lederzipfeln ausgehend zum Theil um die Ohren, zum Theil um die Schnautze, einem Maulkorb ähnlich,

zusammengebunden wurden, natürlich so, dass das Thier ungehindert fressen konnte.

Bei dem ersten auf diese Weise behandelten Thiere zeigten sich an den ersten beiden Tagen gar keine Erscheinungen am Auge, auch keine Röthung, während die Schleimhaut der Nasenhöhle dieser Seite injicirt war und viel Schleim absonderte, so wie auch Exulcerationen an den Lippen und an der Zunge auftraten. Am dritten Tage fand sich die Kapsel etwas verschoben, die Bänder gelockert, und einige Spürhaare sowie etwas Heu hatten sich unter die Kapsel eingedrängt. Auf dem Auge zeigte sich etwas schleimiges Secret und eine geringe Trübung der Hornhautmitte. Im Laufe der folgenden Nacht gelang es dem Thiere, die Kapsel abzustreifen, und am andern Morgen fand sich bereits ziemlich starke Entzündung, welche rasch fortschritt. Die Kapsel wurde nicht wieder vorgelegt. Das Thier wurde getödtet, und der Trigeminus fand sich im Ganglion vollständig durchschnitten.

Bei zwei anderen Kaninchen wurden sogleich nach der Operation die Spürhaare abgeschnitten und die Kapsel wieder in der angegebenen Weise vorgelegt. Auch hier blieb die Hyperämie und Hornhauttrübung zuerst vollständig aus. Am dritten Tage fand sich bei dem einen Thiere wiederum ein Heuhalm unter der Kapsel und Exsudat auf der Conjunctiva. Das Auge wurde sorgfältig gereinigt, die Kapsel wieder vorgelegt, und am folgenden Tage fanden sich keine entzündliche Erscheinungen mehr. Es entstand der Verdacht, ob der Trigeminus auch vollständig dnrchschnitten sei, und es wurde daher bei beiden Thieren, von denen das eine bis dahin gar keine abnormen Erscheinungen am Auge gezeigt hatte, am vierten Tage die Kapsel entfernt. Darauf zeigte sich bei dem einen Thiere nach vier Stunden, bei dem andern nach sieben Stunden starke Gefässinjection auf dem Bulbus und es entwickelte sich rasch Entzündung der Conjunctiva und Hornhaut. Beide Thiere wurden zwei Tage später getödtet, und die Section ergab vollständige Durchschneidung des Ursprungs des Ram. ophthalmicus.

Diese Versuche zeigten deutlich, dass in der eingeschlagenen Richtung Etwas zu erreichen sei; sie wiesen mit grosser Bestimmtheit auf äussere Reize als Veranlassung der Entzündung hin; aber die Methode, das Auge zu schützen, war noch zu unvollkommen. Die Bänder, mit denen die Kapsel am Kopfe zu befestigen gesucht wurde, lockerten sich, besonders in Folge der Anstrengungen des Thieres, die Kapsel (zunächst vielmehr den Maulkorb) abzustreifen, und so konnte die Kapsel

selbst das Auge berühren, und, wie die Erfahrung gelehrt hatte, fremde Körper konnten auf das Auge gelangen. So kamen wir schliesslich darauf, die vier Lederzipfel der Kapsel mit Hülfe von Drahtnähten an die Haut zu befestigen, und dieses Verfahren hat allen Erwartungen entsprochen.

Da die Kapsel so weit ist, so kommen die Zipfel sehr weit weg vom Auge auf die Haut zu liegen, ja eine obere und eine untere Naht können sogar leicht auf der gesunden Gesichtshälfte angelegt werden, so dass von diesen Nähten aus gar keine Befürchtung für das anästhetische Auge erwächst. Festgenähet lag die Kapsel überall gut und dicht an und lockerte sich nicht, da auch das Thier, durch jenen Maulkorb nicht mehr belästigt, sich nicht bemühte, die Kapsel zu entfernen. (Siehe die Abbildung.)

Bei dem ersten auf diese Weise behandelten Thiere zeigte das Auge im Laufe der ersten fünf Tage gar keine Veränderung, es war weder Gefässinjection noch die geringste Trübung der Hornhaut zu sehen. Das Auge hatte vollkommen dasselbe Ansehen, wie das andere gesunde Auge. Dabei herrschte völlige Anästhesie sowohl des Auges, als der ganzen Gesichtshälfte. Die Exulcerationen an den Lippen traten auf, die Kaumuskeln waren gelähmt und die Zähne begannen sich schräg abzuschleifen. Am fünften Tage Nachmittags wurde die Kapsel entfernt, und schon nach zwei Stunden fand sich starke Injection auf dem Bulbus. Am folgenden Tage waren die Augenlider mit dicken Eitermassen verklebt, und die Hornhaut zeigte eine starke Trübung. Dieses Thier starb dann vier Tage nach Entfernung der Kapsel. Die Section ergab vollständige Durchschneidung des Nerven mitten im Ganglion. Als Todesursache ergab sich eine, wahrscheinlich in Folge neuen grünen Futters eingetretene Darmentzündung.

Bei dem zweiten Thiere blieb das gefühllose Auge sechs Tage lang unter der Kapsel ebenfalls vollkommen normal. Die Kapsel wurde dann entfernt, und schon eine Stunde darauf zeigten sich starke Blutgefässe auf der Conjunctiva Bulbi. Trübung der Hornhaut und die gewöhnliche Entzündung entwickelten sich, in diesem Falle etwas langsamer verlaufend. Die Section des acht Tage später gestorbenen Thieres ergab die vollständige Durchschneidung des Ursprungs des Ram. ophthalmicus.

Bei einem dritten Thiere liessen wir die Kapsel 14 Tage lang über dem Auge. Dasselbe blieb ununterbrochen ganz normal, zeigte nicht die geringste abnorme Röthung, Trübung, ebensowenig vermehrte Absonderung. Alle übrigen Folgen der

Trigeminusdurchschneidung waren vorhanden. Am 15. Tage wurde die Kapsel entfernt. Am Abend dieses Tages zeigten sich die ersten Gefässe auf der Conjunctiva Bulbi; am andern Morgen fand sich vermehrte Secretion und Hornhauttrübung. Auch hier aber trat die Entzündung nicht so rasch und heftig auf, wie es sonst der Fall zu sein pflegt. Drei Tage nach Entfernung der Kapsel wurde das Thier getödtet. Der Trigeminus war im Ganglion vollständig durchschnitten.

Ein viertes in derselben Weise behandeltes Thier starb nach vier Tagen; bis dahin war das gefühllose Auge unter der Kapsel ebenfalls ganz normal geblieben. Von einigen anderen Versuchen, in denen das gefühllose Auge durch eine Kapsel zu schützen gesucht wurde, wird noch bei anderer Gelegenheit die Rede sein.

Obige Versuche beweisen auf das Entschiedenste, was die Versuche von Snellen und Schiff noch nicht völlig evident gemacht hatten, dass die Durchschneidung des Trigeminus im Ganglion Gasseri oder die des Ursprungs des Ram. ophthalmicus an und für sich, unmittelbar durchaus keinerlei Ernährungsstörungen am Auge bedingt, dass vielmehr von Aussen kommende Reize dazu die Veranlassung geben müssen. Man kann ganz sicher jede Ernährungsstörung, auch jede dauernde Hyperämie des Auges fern halten dadurch, dass man das Auge auf das Sorgfältigste vor jeder Art von Verletzung, auch der kleinsten, bewahrt, wie das durch unsere Schutzmethode in sehr vollkommener Weise erreicht werden kann.

Es wird angegeben, und namentlich Schiff urgirt es, dass die Blutgefässe der Conjunctiva sofort nach der Operation erweitert seien: wir wollen dies nicht in Abrede stellen, müssen aber behaupten, dass eine Hyperämie der Conjunctiva daraus nicht folgt, wenn das Auge sogleich gut geschützt wird; denn in allen gut gelungenen Versuchen haben wir nicht den geringsten Unterschied erkennen können zwischen dem gefühllosen Auge und dem der anderen Seite. Wir beobachteten ein Mal eine vorübergehende Röthung des Auges und stärkere Absonderung unter der Kapsel: ein ausgefallenes Haar fand sich auf dem Auge, unter dem Lide. Dieses wurde entfernt, und das Auge wurde wieder ganz normal unter der Kapsel.

Sollen die Versuche gut gelingen, so muss man, wie sich von selbst ergiebt, sehr vorsichtig sein bei der Prüfung des Auges auf seine Unempfindlichkeit, vorsichtig ferner bei etwaiger Oeffnung der Kapsel, und man muss das Thier vom Augenblick der Operation an hüten vor jeder Reizung des Auges;

oft suchen die Thiere nach der Operation die kranke Gesichtshälfte zu verstecken und reiben sich dann leicht an der Wand.

Der Beweis, dass es sich in unseren Versuchen in der That um die Abhaltung äusserer Reize handelte, liegt, abgesehen von den Sectionsergebnissen, darin, dass nach Entfernung des Schutzes die Hyperämie und die Entzündungserscheinungen alsbald eintraten, ebenso dann, wenn trotz der Kapsel fremde Körper auf das Auge gerathen waren.

Es fragt sich nun, ob man mit Snellen etwa den Schluss ziehen soll, dass die Augenentzündung nach der Trigeminusdurchschneidung lediglich darin begründet sei, dass solche Reize, welche auch auf dem ganz gesunden Auge Entzündung erregen würden, aber vermöge der Empfindlichkeit des Auges für gewöhnlich vermieden oder entfernt werden, das gefühllose Auge ungehindert treffen und beschädigen. Wäre es so, so hätte also die Trigeminusdurchschneidung nur den einzigen mittelbaren Einfluss für die Ernährung des Auges, dass damit der natürliche Wächter und Schutz desselben aufgehoben ist.

Wie oben schon angegeben, hat sich Schiff gegen diese Schlussfolge ausgesprochen, und zwar auf eigene Beobachtungen gestützt. Samuel hält Snellen's Schlussfolge gleichfalls für unzulässig, und auch wir müssen mit aller Entschiedenheit dieselbe zurückweisen, und zwar aus demselben Grunde, welchen Schiff geltend macht. Es lässt sich in der That der experimentelle Beweis führen, dass die Lähmung der Sensibilität des Auges nicht hinreicht, damit sich jene Augenentzündung entwickele, wie sie bei vollständiger Durchschneidung des Trigeminus an dem nicht geschützten Auge stets eintritt, sondern dass es dabei vor Allem auf die Lähmung gewisser Nervenfasern ankommt, welche einen directen Einfluss auf die Ernährung des Auges haben.

Man könnte zunächst daran denken, die Frage auf indirectem Wege entscheiden zu wollen, dadurch, dass man bei unverletztem Trigeminus den Augenlidschlag, der gewiss zur Abhaltung und Entfernung von Schädlichkeiten das wichtigste Moment bildet, unmöglich machte. Wir haben bei zwei Kaninchen die Augenlider abgetragen, wie es schon Magendie in gleicher Absicht that. Nach dieser grossen Verletzung trat, wie wohl kaum anders zu erwarten war, alsbald heftige Entzündung ein, welche sich auf die Hornhaut ausbreitete. Wir glauben nicht, dass aus solchen oder ähnlichen Versuchen ein sicherer Schluss in Betreff der in Rede stehenden Frage gezogen werden kann, weil die Operation der Abtragung der Lider an

sich zu grosse Störungen in unmittelbarster Nähe des Auges bewirkt.

Auf das Sicherste ist die Frage offenbar entschieden, wenn es gelingt, ein Auge ganz unempfindlich zu machen, und dann, ohne dass irgend ein Schutz für dasselbe angebracht wird, keine Entzündung eintritt. Dies ist in der That möglich, wie es schon Magendie, Longet und Schiff bei Thieren beobachtet haben und wie solche Fälle auch beim Menschen beobachtet sind. Schiff erklärt solche Fälle dahin, dass dann die Lähmung auf die sensiblen Fasern des Ram. ophthalmicus beschränkt sei, die vasomotorischen Fasern nicht durchschnitten seien.

Wir haben unter den vielen Fällen von Trigeminusdurchschneidung gleichfalls zwei Mal diese Beobachtung gemacht. Bei einem operirten Kaninchen sollte, wie bei den vier oben erzählten Fällen, die Wirksamkeit des Schutzes durch die Kapsel geprüft werden; diese wurde daher zuerst vorgenähet. Das Auge war ganz unempfindlich und blieb vollkommen normal, ohne Spur von Hyperämie. Da aber sich zeigte, dass jedenfalls nicht der ganze Trigeminus durchschnitten sein konnte, sondern höchstens der Ram. ophthalmicus, so wurde schon am nächsten Tage die Kapsel entfernt, um zu sehen, ob das Auge auch ganz gefühllos war und ob die Entzündung eintreten würde. Das Thier befand sich fortan unter denselben Verhältnissen, wie alle übrigen, die zu diesen Versuchen theils mit Schutz, theils ohne denselben gedient hatten. Die sorgfältig und vielfach wiederholte Untersuchung ergab dauernde völlige Unempfindlichkeit des ganzen Auges, völlige Unterbrechung des Reflexmechanismus für die Augenlider, und dennoch entzündete sich das Auge nicht; es trat nicht die geringste Hyperämie, nicht die geringste Trübung der Hornhaut ein, das Auge verhielt sich gerade so, wie wenn es durch die Kapsel vollkommen geschützt wäre. So blieb es 20 Tage lang; dann tödteten wir das Thier, weil hier das Sectionsergebniss offenbar von der grössten Wichtigkeit war. Der Schnitt hatte, wie auch schon in anderen Fällen, nicht das Ganglion Gasseri getroffen, sondern den Ursprung des Ram. ophthalmicus; dieser Nerv aber war nicht ganz durchgeschnitten, sondern war in seinem unteren Theile auf eine nur kleine Strecke unverletzt geblieben.

Ein zweites Mal wurde ganz dieselbe Beobachtung gemacht bei einem von zwei zur Demonstration in der Vorlesung gleich nach einander operirten Kaninchen. Bei beiden war das Auge vollkommen unempfindlich, aber nur bei dem einen zeigten sich die Folgen der totalen Durchschneidung des Trigeminus,

während bei dem anderen auf Durchschneidung des Ram. ophthalmicus allein geschlossen werden musste. Beide Thiere wurden in demselben Behälter, unter ganz gleichen Verhältnissen gehalten. Bei dem erstern trat die gewöhnliche Hyperämie und Entzündung ein, während das andere Thier, gleichfalls ohne Schutz, keine Spur davon zeigte. Beide Thiere wurden etwa 10 Tage am Leben gelassen. Die Section ergab dann bei dem erstern vollkommene Durchschneidung des Ganglions, bei dem andern wiederum nur Anschnitt des Ram. ophthalmicus, von dem auch hier wieder eine kleine untere Portion unverletzt war.

Da diese die beiden einzigen Fälle waren, in denen die unvollständige Durchschneidung des Ram. ophthalmicus gefunden wurde, sonst immer dieser obere Theil des Nerven ganz oder überhaupt das Ganglion vollständig durchgeschnitten war, und nun diese beiden Fälle auch die einzigen unter den vielen Versuchen waren, bei denen trotz völliger Gefühllosigkeit des Auges und ohne künstlichen Schutz keine Hyperämie und Entzündung eintrat, so kann wohl darüber gar kein Zweifel sein, dass die beiden Thatsachen in Causalnexus stehen, zumal diese Beobachtungen sich an ähnliche von Schiff anreihen. Wir glauben schliessen zu dürfen, dass im untern Theile des Ram. ophthalmicus Fasern für das Auge verlaufen, von denen nicht die Sensibilität desselben oder einer Partie abhängt, welche vielmehr einen directen Einfluss auf die Ernährungsvorgänge in der Conjunctiva und Cornea haben und welche gelähmt sein müssen, wenn die bekannte Hyperämie und Entzündung des nicht geschützten Auges eintreten soll.

Die in der genannten Weise unvollkommene Durchschneidung des Ram. ophthalmicus lässt sich nicht absichtlich ausführen, wir wenigstens wüssten dafür keine Vorschrift zu geben; der Zufall muss solche Fälle, wie die seltenen pathologischen Fälle, gewissermassen als fehlerhafte Versuche der gewöhnlichen Trigeminusdurchschneidung bringen *).

Es schliesst sich hier nun noch eine Beobachtung an, welche oben schon bei anderer Gelegenheit erwähnt wurde. Als nämlich

*) Später wurde, wie ich nachträglich noch hinzufügen darf, im physiologischen Institute noch ein dritter Fall von der Art wie die beiden eben besprochenen beobachtet. Man hatte versucht zum Zweck der galvanischen Reizung des Ganglion Gasseri zwei Nadeln von verschiedenen Seiten her einzuführen. Das Auge wurde und blieb vollkommen unempfindlich, aber es trat nicht die geringste Spur einer Hyperämie oder Ernährungsstörung ein. Die Section ergab Zerstörung eines Theiles des Ram. ophthalmicus durch die eingeführten (ziemlich dicken) Nadeln.

bei einem operirten Kaninchen die Entzündung des Auges einige Wochen bestanden hatte, trat völliger Stillstand in dieser Ernährungsstörung ein, obwohl das Auge noch ganz unempfindlich war und blieb. Wir deuten diese Beobachtung dahin, dass Verheilung und Restitution jener Trigeminusfasern stattfand, welche auf die Ernährungsvorgänge einen directen Einfluss haben, und nun, wenn auch keine Wiederherstellung des Auges, doch auch keine weitere Zerstörung mehr stattfand. Die sensiblen Fasern verheilten in diesem Falle aus uns unbekanntem Grunde nicht. Für sich allein würde diese Beobachtung nicht beweisend sein, aber an jene beiden letzten Beobachtungen dieselbe anzureihen, wird gestattet sein.

Mit Rücksicht darauf, dass die Fasern, von deren Lähmung es abhängt, ob die neuroparalytische Augenentzündung durch geringfügige äussere Reize veranlasst werden kann, ziemlich schnell verheilen können und dann die Ernährungsstörung keine weitere Fortschritte mehr macht, kann man vermuthen, dass durch einen guten Schutz des Auges es möglich sein würde, die Augenentzündung so lange zu verhindern, bis Verheilung jener Fasern eingetreten und damit die Bedingung für die Entstehung jener Augenentzündung aufgehoben ist. Hierauf scheint auch die Beobachtung hinzuweisen, dass nachdem 14 Tage lang durch die Kapsel die Entzündung verhindert worden war, diese dann nach Entfernung der Kapsel sich nicht mehr so schnell entwickelte, wie es sonst der Fall zu sein pflegt.

Schiff sagt, die neuroparalytische Hyperämie des Auges muss vorhanden sein, wenn die Augenentzündung durch verhältnissmässig geringfügige äussere Veranlassungen bewirkt werden soll, also die vasomotorischen Fasern müssen gelähmt sein. Samuel erkennt der Lähmung der vasomotorischen Nervenfasern nicht diese Bedeutung zu; ein Zustand verminderter Widerstandsfähigkeit oder erhöheter Reactionsthätigkeit gegen Reize ist es, wie Samuel sich ausdrückt, in welchen die betreffenden Theile des Auges gerathen durch die vollständige Trigeminusdurchschneidung, und dieser Zustand verminderter Widerstandsfähigkeit ist bedingt durch die Lähmung besonderer trophischer Nervenfasern.

Die Bezeichnung „verminderter Widerstandsfähigkeit“ gegen äussere Reize ist sehr passend, und man kann sich derselben bedienen ohne damit schon darüber Etwas aussagen zu wollen, wodurch diese verminderte Widerstandsfähigkeit bedingt sei: man gebraucht den Ausdruck dann zur Bezeichnung einer künftig zu lösenden Aufgabe. Ueber die Theorie Samuel's betreffend die trophischen Nerven können wir uns hier kein

Urtheil erlauben, und das was hier untersucht werden sollte, lässt sich discutiren ohne auf jene einzugehen. Dagegen müssen wir es allerdings vorziehen den Zustand der äusseren Theile des Auges nach vollständiger Durchschneidung des Trigeminus oder des Ram. ophthalmicus, bei welchem geringfügige äussere Veranlassungen so leicht Entzündung erregen, mit Samuel als verminderte Widerstandsfähigkeit zu bezeichnen und nicht mit Schiff als neuroparalytische Hyperämie; denn in den Fällen, in welchen wir durch die Kapsel das Auge schützten, war durchaus keine Hyperämie vorhanden, sie trat erst ein, als die schützende Kapsel entfernt wurde; wir müssen die dauernde Hyperämie (im Gegensatz zu einer vielleicht eintretenden vorübergehenden Gefässerweiterung unmittelbar nach der Operation) selbst als die erste Folge davon ansehen, dass äussere Reize das in seiner Widerstandsfähigkeit geschwächte Auge treffen.

Snellen meinte, das gefühllose Auge würde zur Entzündung gereizt durch solche Schädlichkeiten, wie sie am ganz gesunden Auge auch Entzündung bewirken würden. Dass dieser Fall vorkommen kann, liegt auf der Hand und soll nicht geleugnet werden; aber es lässt sich zeigen, dass solche auch das gesunde Auge gefährdende Verletzungen nicht nöthig sind, um die so regelmässig eintretende Augenentzündung nach der Trigeminusdurchschneidung zu bewirken, dass vielmehr vollauf ausreichende Veranlassung für diese Entzündung gegeben ist mit solchen äusseren Einflüssen, welche dem gesunden Auge, d. h. dem in seiner Widerstandsfähigkeit nicht geschwächten Auge gar Nichts schaden; und um die Abhaltung solcher geringfügiger Reize handelt es sich, wenn die Entzündung vermieden werden soll. Die beiden Thiere, deren Augen gefühllos waren, sich aber trotz des Mangels eines Schutzes nicht entzündeten, lebten unter denselben Bedingungen, wie die übrigen Thiere, bei denen die Entzündung eintrat. Da wohl Niemand annehmen wird, dass der Zufall gerade jene beiden Thiere allein vor solchen Verletzungen geschützt habe, die auch bei gesunden Thieren Augenentzündung bewirkt haben würden, so wird man schliessen müssen, dass derartigen groben Verletzungen unsere Thiere überhaupt nicht ausgesetzt waren und dass die Augen, welche sich trotzdem entzündeten, eine grössere Neigung hatten, in Entzündung zu gerathen, als in der Norm, bei einer verminderten Widerstandsfähigkeit also schon solche Einflüsse gefährliche waren, welche das gesunde Auge fortwährend treffen, oder treffen können ohne ihm zu schaden. Es erklärt sich daher, wie schon Schiff und Samuel

bemerkt haben, auch sehr einfach, weshalb Menschen mit Lähmung des Trigeminus trotz der sorgfältigen Pflege jene neuroparalytische Augenentzündung bekommen. Zuerst wirken auf das kranke Auge nur dieselben Einflüsse, welche das gesunde treffen; diesem schaden sie Nichts, dort aber reichen sie vermöge der verminderten Widerstandsfähigkeit der Gewebe hin, Hyperämie, stärkere Absonderung zu bewirken, und nun tritt die Behandlung des Auges ein, Umschläge werden vielleicht gemacht u. s. w., was wahrscheinlich nur dazu beiträgt diese Entzündung zu steigern. Es muss ein grosses Gewicht gerade auf das auch von Samuel urgirte Factum gelegt werden, dass jene neuroparalytische Augenentzündung zwar eine traumatische ist, aber durch solche Traumen bewirkt, die für das normale Gewebe keine Traumen sind. Daher ist die Gefühllosigkeit des Auges höchst wahrscheinlich auch von untergeordneter, vielleicht gar keiner Bedeutung für die Entwicklung der neuroparalytischen Entzündung, denn die Traumen, welche hinreichen bei verminderter Widerstandsfähigkeit Entzündung zu veranlassen, werden auch bei erhaltener Sensibilität schwerlich abgewehrt oder entfernt werden.

Obiger Satz wird auch durch Beobachtungen an anderen durch die Trigeminusdurchschneidung gelähmten Theilen bestätigt. Schon oben wurde bemerkt, dass man bei vollständig gelungener Operation ganz regelmässig Entzündung und Exulcerationen mit oft beträchtlichem Substanzverlust beobachtet an bestimmten Stellen der Mundschleimhaut, nämlich an der Ober- und Unterlippe und am Zungenrande. Diese Stellen sind bei allen operirten Kaninchen genau die gleichen, und die Ausdehnung der Affection ist ebenfalls stets nahezu die gleiche. Es sind dies die Schleimhautpartien, welche sich beim Fressen an den Rändern der Vorderzähne reiben. Man könnte auch an Verletzungen durch Futterstoffe denken, aber dann würden nicht so regelmässig nur jene bestimmten Stellen der Lippen und Zunge afficirt werden können, wie es wenigstens bei unseren Thieren, die immer weiches, feuchtes Futter erhielten, der Fall war. Die gesunde Schleimhaut nimmt keinen Schaden bei der Reibung an den Zahnrändern, und gewiss wird sie nicht etwa durch ein besonders vorsichtiges Kauen vor dieser Reibung geschützt: für die ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Reize beraubte Schleimhaut dagegen wird jene gewohnte Reibung zu einer Entzündungsursache.

In dieser Beziehung ist auch die folgende Beobachtung von Interesse. Eines Morgens wurde bei einem Kaninchen mit vollständiger Trigeminuslähmung ein breiter schräg über die

gelähmte Gesichtshälfte verlaufender Streifen beobachtet, wo die Haare ganz niederlagen, sich auch nicht wieder gehörig aufrichten liessen, wo ferner die Haut roth und stellenweise excoriirt war. Die übrige Gesichtshaut zeigte nichts der Art. Die Erscheinung erklärte sich leicht: das Thier hatte in seinem Behälter einen Teller mit Kleie stehen, und es hatte Nachts über so gesessen, dass es die gefühllose Gesichtshälfte an den Tellerrand angedrückt hielt; hier hatte also Reibung und Druck stattgefunden, welche schwerlich die gesunde Haut in Entzündung versetzt haben würden, hier aber bei verminderter Widerstandsfähigkeit des Gewebes dazu im Stande waren (Decubitus).

Diese Wahrnehmungen schliessen sich unmittelbar an einige von Samuel geltend gemachte Beobachtungen beim Menschen an, wie z. B. die Reibung eines stets getragenen Fez Exulceration der Kopfhaut auf der gelähmten Seite bewirkte, oder eine von gesunder Haut stets ohne Nachtheil ertragene Temperatur Blasenbildung bewirkte. bei verminderter Widerstandsfähigkeit des Gewebes.

Kehren wir zum Auge der Kaninchen zurück, so entsteht die Frage, worin jene geringfügigen Reize bestehen, welche hinreichen bei verminderter Widerstandsfähigkeit die Augenentzündung zu veranlassen. Da die fest auf der Haut sitzende geschlossene Kapsel diese schädlichen Einflüsse abhält, so wird man auf zwei Momente hingewiesen: die Kapsel hindert für's Erste die Verdunstung vom Auge, erhält also dasselbe feucht, und zweitens werden durch dieselbe alle Arten fremder Körper abgehalten, zu denen auch der in so grosser Masse in der Luft und namentlich in der Region, wo das Kaninchen sich aufhält, zwischen Heu u. s. w., suspendirte Staub gerechnet werden muss. Da das Auge schon im normalen Zustande so leicht verletzlich ist, so werden bei verminderter Widerstandsfähigkeit die Schädlichkeiten schon unter an sich sehr geringfügigen Einflüssen gesucht werden dürfen. Bekannt ist, dass das Auge nach vollständiger Trigeminusdurchschneidung wenigstens anfänglich trockner ist, als sonst. Um zu sehen, ob die Verhinderung der Verdunstung durch die früher angewendete Kapsel von grossem Einfluss sei auf die Verhinderung der Entzündung, befestigten wir bei einem operirten Kaninchen eine ebenso gestaltete Kapsel aus feinem Drahtnetz vor das Auge. Wir rechneten darauf, dass diese Kapsel die Verdunstung nicht wesentlich beschränken würde, während fremde Körper wenigstens zum Theil abgehalten wurden. Mehrere Tage blieb das Auge ganz normal; dann aber trat Hyperämie und Hornhauttrübung ein, die nach Entfernung

der Kapsel wie gewöhnlich weiter verliefen. Diese Kapsel schützte jedenfalls nicht so gut wie die ganz geschlossene; da aber die Ernährungsstörung auf dem Auge doch so spät erst begann, so scheint die Verdunstung von dem Auge nicht von so grossem Einfluss zu sein, während der Versuch zugleich beweist, wie geringfügig die äusseren Reize nur zu sein brauchen, um die Entzündung zu veranlassen, da das feine Drahtnetz nicht im Stande war, dieselben ganz fern zu halten.

Die bisher besprochene Augenentzündung ist nicht die einzige, welche nach einer Durchschneidung des Trigeminus im Ganglion Gasseri auftreten kann. Es lässt sich vom Ganglion Gasseri aus auch eine Entzündung des Auges durch Reizung erzeugen, welche keiner äusseren Veranlassung bedarf. Samuel hat dies zuerst experimentell beobachtet, auf dessen Versuche wir unten zurückkommen. Wir machten folgende Beobachtung.

Bei einem kräftigen Kaninchen wurde Morgens der Versuch gemacht, den Trigeminus zu durchschneiden; dies gelang aber nicht in Folge einer heftigen Bewegung des Thieres bei der Berührung des Nerven. Kurz nach der Operation war das Auge zwar gefühllos, aber die Sensibilität stellte sich bald wieder her. Am Nachmittage wurde das Neurotom auf derselben Seite noch ein Mal eingeführt: der Schnitt gelang, aber während desselben zuckte das Thier wieder stark mit dem Kopfe, so dass in Folge des dem Messer ertheilten Ruckes weitere Verletzungen im Innern zu befürchten waren. Die Untersuchung und Beobachtung ergab jedoch, dass die Durchschneidung gut und wenigstens ohne gefährliche Nebenverletzung gelungen war. Das Thier war eines der letzten dazu bestimmt, eine geschlossene Kapsel vor dem gefühllosen Auge zu tragen. Das Auge blieb etwa 36 Stunden ganz normal; dann aber stellte sich unter der gut anliegenden Kapsel, und ohne dass irgend eine äussere Veranlassung nachweisbar war, plötzlich eine sehr starke Hyperämie mit bedeutender Schwellung der Conjunctiva ein; das Auge war ganz dunkelroth von Blutgefässen, und es trat eine äusserst heftige und sehr acut verlaufende Entzündung ein, der Art, wie wir es in keinem Falle bei den vielen Versuchen ohne Schutz des Auges beobachtet hatten. Grosse eitrige Exsudatmassen bedekten das Auge alsbald, und im Laufe von 24 Stunden war die stark verdickte Hornhaut in der Mitte von einem grossen Geschwür nahezu perforirt.

Diese trotz des besten Schutzes und ohne alle äussere Veranlassung eingetretene Entzündung unterschied sich in ihrem Charakter durch den sehr plötzlichen Anfang und den ausser-

ordentlich heftigen und acuten Verlauf so evident von der bekannten stets in gleicher Weise auftretenden neuroparalytischen Augenentzündung, dass dieser Fall uns keinen Augenblick irre machen konnte an dem bis dahin erhaltenen Resultate. Es musste eine andere Art von Entzündung, aus anderer Veranlassung entstanden, vorliegen. Das Thier wurde getödtet, nachdem die heftige Augenentzündung 2 Tage bestanden hatte.

Das Ganglion Gasseri war in der Mitte durchgeschnitten, aber ausserdem fand sich noch ein zweiter nicht durchgehender Schnitt im vordern Theil des Ganglions. Das Auffallendste und Wichtigste aber war, dass das Ganglion besonders in seinem obern Theile durch die ganze Dicke intensiv geröthet war; dies rührte nicht etwa von einer Blutung ausserhalb des Ganglions her, sondern von stark injicirten Blutgefässen im Ganglion selbst. Diese Hyperämie oder Entzündung des Ganglions erstreckte sich auch eine ansehnliche Strecke weit in den obern Ast, in den Ram. ophthalmicus hinein, wie denn überhaupt die ganze obere Partie des Ganglions stärker afficirt war. Nun müssen wir mit besonderm Nachdruck hier hervorheben, dass in allen anderen von uns untersuchten Fällen, ohne Ausnahme, der Schnitt durch das Ganglion oder durch den Ram. ophthalmicus sowohl ganz kurze Zeit nach der Operation, als auch nach 8—10 Tagen immer nur als ein zarter rother Streifen, wie eine feine Linie zu sehen war, und der ganze übrige Theil des Ganglions stets ganz weiss und normal war: nie wurde eine über die Ränder des Schnittes hinaus sich erstreckende Röthung beobachtet, keine Spur von Hyperämie oder Entzündung. In jenem letzten Falle allein lag eine weit ausgedehnte Hyperämie des Ganglions und des Augenastes vor. Es fand sich ausserdem eine nicht unbeträchtliche Verletzung am untern Theile des grossen Gehirns, wie sie, zwar viel kleiner, gewöhnlich beim Eindringen des Neurotoms in die Schädelhöhle bewirkt wird. Wir können nicht annehmen, dass diese Gehirnverletzung in Beziehung zu jener so acuten nicht traumatischen Augenentzündung gestanden habe. Dagegen glauben wir, dass die in diesem Falle allein beobachtete Entzündung des Ganglion Gasseri und des Ursprungs des Ram. ophthalmicus in Causalnexus stand zu jener auch nur in diesem einen Falle beobachteten Entzündung. Diese so eigenthümliche Entzündung, welche nicht wie die gewöhnliche neuroparalytische entstand und verlief, war offenbar bedingt durch Reizung des Ganglions, sie entstand ohne äussere Veranlassung lediglich in Folge der Entzündung desselben. Die oben genannten Zufälle, die sich bei der Operation er-

eigneten, erklären hinlänglich, wie es kam, dass in diesem Falle das Ganglion nicht nur durchschnitten, sondern ausserdem noch so heftig gereizt worden war.

Fälle, in denen während der Operation ähnliche Schwierigkeiten durch Bewegungen des Thieres auftraten, sind uns oft vorgekommen, aber der gewöhnliche Ausgang war dann der, dass gefährliche Hirnverletzungen oder Verletzung grosser Blutgefässe entstanden, und die Thiere bald starben, oder absichtlich getödtet wurden. In jenem wichtigen Falle waren diese Nebenverletzungen zufällig nicht oder minder lebensgefährlich ausgefallen. Es erklärt sich nun, weshalb wir oben betont haben, dass die Trigeminusdurchschneidung mit einem einfachen, glatten Schnitt geschehen soll, wenn die neuroparalytisch-traumatische Augenentzündung rein auftreten, beziehungsweise durch obige Schutzmethode abgehalten werden soll.

Wir haben es versucht, absichtlich das zu bewirken, was in jenem Falle wider Willen, wiederum als ein Versuchsfehler gewissermassen sich ereignet hatte. Bei vier Kaninchen versuchten wir durch Drehen des Neurotoms und durch mehrmaliges Schneiden das Ganglion in Entzündung zu versetzen; aber alle diese Versuche missglückten, indem jedesmal zu grosse, nicht beabsichtigte Nebenverletzungen von Hirntheilen oder Blutgefässen geschahen, an denen die Thiere bald zu Grunde gingen. Wir mussten es daher aufgeben, auf diese Weise jene Beobachtung zu wiederholen und auch mit diesem Falle wie mit einer seltenen pathologischen Beobachtung uns begnügen. Dagegen scheint der Fall sich einem der bekannten Versuche Samuel's über Erzeugung von Entzündung durch Nervenreizung anzuschliessen, welche wir jedoch noch nicht wiederholt haben, da dies nicht in dem Plane dieser Untersuchung lag. Samuel*) reizte bei Kaninchen das Ganglion Gasseri mit Inductionsschlägen und sah innerhalb der nächsten 24 Stunden eine heftige Entzündung der Conjunctiva und Cornea mit Geschwürsbildung eintreten. Diese sehr acute Entzündung steigerte sich bis zum dritten Tage, um von da ab wieder abzunehmen. Das Auge hatte dabei nicht nur seine Sensibilität, sondern diese war sogar über die Norm gesteigert. Dass in unserm Falle die Sensibilität aufgehoben war, betrachten wir als gleichgültig für das Eintreten der Entzündung, und durch unsere Beobachtung ist, da das Thier eine gut schützende Kapsel vor dem Auge von dem Moment der Operation an trug, bewiesen, dass es zur Entstehung dieser

*) Königsberger med. Jahrbücher. I. p. 237.

Reizentzündung nicht einer äusseren Veranlassung bedarf, wie zur Erzeugung der neuroparalytischen Augenentzündung.

Unter den vielen Versuchen, in welchen man seit Magendie's Vorgang den Trigeminus im Ganglion Gasseri zu durchschneiden suchte, werden ohne Zweifel auch manche Fälle vorgekommen sein, in denen starke Reizung des Ganglions stattfand, so dass die Reizentzündung eintrat. Man konnte diese bisher nicht wohl unterscheiden von der neuroparalytisch-traumatischen Entzündung, denn das sicherste diagnostische Merkmal liegt doch darin, dass erstere ohne äussere Veranlassung, letztere nur bei Einwirkung von Traumen entsteht; wie auch wir aus der Differenz im Verlauf und in der Heftigkeit allein nicht auf genetische Verschiedenheit der beiderlei Entzündungen hätten schliessen können, wenn nicht zufällig in jenem Falle durch die Kapsel vor dem Auge die Bedingungen zur Entwicklung der neuroparalytischen Entzündung nach unserer vorgängigen Erfahrung abgehalten worden wären. Wahrscheinlich haben manche Differenzen in den Angaben verschiedener Autoren über die einzelnen Erscheinungen bei der Augenentzündung nach der Trigeminusdurchschneidung darin ihren Grund, dass nicht immer die im Ganzen mildere und von äusseren Umständen abhängige neuroparalytische Entzündung vorlag, sondern zuweilen auch die acute Reizentzündung.

Magendie, Longet, Bernard haben behauptet, dass bei Durchschneidung des Trigeminus vor dem Ganglion Gasseri, d. h. zwischen diesem und der Brücke, die Ernährungsstörung am Auge in geringerem Grade oder gar nicht eintrete. Schiff hat sich entschieden gegen diese Annahme ausgesprochen; er fand gar keinen Unterschied, mochte er den Schnitt durch das Ganglion oder vor demselben durch den Nerven geführt haben. Schiff bekämpft damit speciell die Annahme eines Ursprungs der vasomotorischen Nerven im Ganglion Gasseri. Wir wollten versuchen, durch eigene Beobachtungen uns ein Urtheil über diese wichtige Frage zu verschaffen, die wo möglich noch an Wichtigkeit gewinnen würde, wenn bei jener Augenentzündung nicht sowohl vasomotorische Fasern als vielmehr, wie Samuel will, besondere trophische Fasern eine Rolle spielen. Wir müssen offen gestehen, dass es uns in keinem Falle gelungen ist, den Nerven da zu durchschneiden, wo wir beabsichtigten; wir konnten, ohne durch Hirnverletzung baldigen Tod zu bewirken, den Schnitt nie weiter hinten führen, als im hintern (d. h. Anfangs-) Theil des Ganglions.

Zum Schluss mag noch folgende Bemerkung Platz finden. Das was Samuel schon aus den unzureichenden Angaben

Snellen's geschlossen hat über die Ursache der neuroparalytischen Augenentzündung, das haben unsere Versuche als vollkommen richtig bestätigt, und anderseits haben auch Samuel's Versuche über die Erzeugung einer Augenentzündung durch Reizung des Ganglion Gasseri eine Bestätigung durch jene letzte unserer Beobachtungen erfahren. Wir haben es aber dennoch absichtlich vermieden, uns schon den Schlussfolgerungen Samuel's über ein System centrifugal und centripetal wirkender trophischer Nervenfasern anzuschliessen, denn so wie Samuel seine Theorie, von den pathologischen Beobachtungen abgesehen, nicht allein auf Versuche am Trigeminus und am Auge gestützt hat, sondern eine grosse Zahl von Versuchen an anderen Nerven beigebracht hat, so halten auch wir es für nöthig, solche Versuche an anderen Organen zu wiederholen, bevor wir Schlussfolgerungen von so weitgreifender Bedeutung beitreten.

Nachträglich erlaube ich mir hier die Bemerkung anzufügen, dass bei einer grossen Zahl von möglichst genau nach Samuel's Vorschrift ausgeführten Versuchen (am Ohr, am Bein) wir bisher keine einzige der Angaben Samuel's bestätigt gefunden haben.

Meissner.

Nachtrag zu der Abhandlung:

„Ueber die zwei Typen contractilen Gewebes und ihre Vertheilung in die grossen Gruppen des Thierreichs, sowie über die histologische Bedeutung ihrer Formelemente."

Von

Dr. **Weismann.**

Die Bildung der Muskeln im Ei der Insekten.

(Hierzu Taf. VIII. Fig. XXIV—XXVIII.)

Neue Beobachtungen haben mir gezeigt, dass die Genese der Muskeln in dem Insektenei in ganz ähnlicher Weise vor sich geht, wie in der Puppe. Meine oben angedeutete Vermuthung, dass möglicher Weise ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden bestehen könne, dass vielleicht die Larvenmuskeln sich auf ähnliche Weise bildeten wie die der Wirbelthiere, bestätigt sich also nicht, und es würde dies ein gefährlicher Umstand sein für meinen Versuch, den Modus der Muskelbildung auf die Bedingungen zurückzuführen, unter welchen dieselbe vor sich geht, wenn nicht bei näherer Betrachtung sich herausstellte, dass ich durch falsche Prämissen zum falschen Schluss geführt wurde. Seitdem ich die embryonale Entwicklung der Insekten selbst vollständig verfolgt habe, ist es mir klar geworden, dass die Bedingungen, unter welchen der Muskel sich hier bildet, genau dieselben sind, unter denen die Muskeln der Puppe entstehen, und dass somit die Beobachtung einer ganz ähnlichen Entwicklungsweise meiner Theorie nur zur Stütze dienen kann. Die Muskeln des Insektenembryo bilden sich erst ganz in der letzten Zeit der

embryonalen Entwicklung, sie entstehen durch eine Differenzirung der gleichmässigen Zellenmasse, welche die in ihrer für die Embryonalzeit definitiven Grösse bereits vorhandenen Körpertheile zusammensetzt. Die Ansatzpunkte der Muskeln sind also hier ebenso gut vorgebildet, als in der Puppe, sie liegen hier ebenfalls relativ weit auseinander, so dass keine der äusserst kleinen Embryonalzellen von einem Ansatzpunkt zum andern reichen kann; es konnte also auch hier die Bildung eines Primitivbündels nicht durch Vermittlung einer einzigen Zelle erreicht werden. Bei sämmtlichen Wirbelthieren verhält es sich offenbar anders; die histologische Differenzirung beginnt hier im Verhältniss zur Ausbildung der Körpertheile bei weitem früher und schreitet gleichzeitig mit dem Wachsthum der Organe voran. Im Ei der Insekten handelt es sich darum, eine gegebene Masse von Material plötzlich in bestimmte Gruppen zu theilen, während bei den Wirbelthieren diese Gruppen aus einer geringen Menge von Material angelegt werden und sich in Structur und Grösse erst allmälig vollenden, in dem Masse als neues Material herbeigeschafft wird.

Die Genese der embryonalen Muskeln der Insekten wurde an Musca vomitoria beobachtet. Etwa 12 Stunden vor dem Ausschlüpfen der jungen Larve beginnt die histologische Differenzirung der vorher aus kugligen Zellen bestehenden Theile des Embryo. Um diese Zeit fand ich die Muskeln des Kauapparates aus kurzen, dicken Primitivbündeln von cylindrischer Gestalt bestehend. Ihr Durchmesser betrug etwa 0,034 Mm.; ein sehr zartes aber vollkommen deutliches Sarcolemma umschloss den Inhalt, welcher aus einer ganz klaren gleichmässigen Grundsubstanz mit eingestreuten bläschenförmigen Kernen bestand. Letztere lagen in grosser Menge und ohne regelmässige Anordnung in jeder Tiefe, sie waren nur von sehr geringer Grösse (0,005 — 0,008 Mm.) und liessen einen klaren Inhalt und einen stark lichtbrechenden Nucleolus erkennen. Ersterer enthielt in mässiger Anzahl kleine Körner eingestreut. War das Primitivbündel am einen Ende zerrissen, so floss der Inhalt nicht aus, sondern die Grundsubstanz ragte als zähe durchsichtige Gallerte in einzelnen Zacken vor. (Fig. XXIV a.)

Nachdem die Larve das Ei verlassen, wachsen diese Primitivbündel nach allen Dimensionen, indem sie anfänglich noch die embryonale Structur beibehalten, und nur die Grundsubstanz die ursprüngliche Durchsichtigkeit verliert und ein mattes Aussehen annimmt, während die Kerne sich zu Längsreihen anordnen. (Fig. XXV.)

Bei einer 0,3 Ctm. langen Larve hat dann die grosse Masse der Grundsubstanz bereits Querstreifung angenommen (Fig. XXVI.) und innerhalb der quergestreiften Masse sind die Kerne meist verschwunden. Um dieselbe herum aber, zwischen ihr und dem Sarcolemma, ist ein Mantel der ursprünglichen homogenen, mit eingestreuten Körnchen versehenen Grundsubstanz zurückgeblieben, in welcher auch die Kerne, wenn auch weniger dichtgedrängt als früher, nicht mangeln.

Fig. XXVII stellt ein Stück eines Primitivbündels aus den Kaumuskeln einer 0,45 Ctm. langen Larve vor. Dicke und Länge des Bündels haben enorm zugenommen, die quergestreifte Masse hat sich der Länge nach in viele Stränge von unregelmässiger Dicke getheilt (eigentliche Fibrillenbildung tritt hier nicht ein), und entsprechend dem allgemeinen Wachsthum haben auch die einzelnen Kerne sich sehr bedeutend vergrössert. Im Innern der contractilen Masse finden sie sich jetzt gar nicht mehr, sie liegen sämmtlich zwischen jener und dem Sarcolemma, eingebettet in die Grundsubstanz, deren homogenes Aussehn durch Zunahme der Körner sich in ein feingranulirtes verwandelt hat.

Ich füge noch die Abbildung eines Muskelbündels der ausgewachsenen Larve bei (Fig. XXVIII.). Sie stellt nur einen kleinen Theil eines Primitivbündels vor; die Stränge der contractilen Masse haben sich etwas aus ihrer gegenseitigen Lage verschoben, und das Sarcolemma hat sich an der untern Seite weiter von ihnen abgehoben, als es in der natürlichen Lage der Fall ist. Die Kerne sind zu der enormen Grösse von 0,027 Mm. herangewachsen, zeigen deutlich eine Membran und eines oder mehrere Kernkörperchen, sie sind etwa in gleicher Anzahl wie im vorigen Stadium vorhanden und in grösseren Abständen von einander unter dem Sarcolemma vertheilt.

Bei langsamer Einwirkung von Essigsäure gerinnt zuerst der Inhalt der Kerne als peripherische Schicht mit Freilassung eines hellen Raumes zwischen sich und den Kernkörperchen; später wird der ganze Inhalt gleichmässig, die Kerne selbst bleiben vollkommen deutlich, ebenso wie die körnige Substanz, in welcher sie eingebettet sind, während die quergestreifte Substanz erblasst.

Es ist nicht schwer, diese Beobachtungen mit der oben aufgestellten Theorie der Muskelbildung bei den Insekten in Einklang zu bringen. Offenbar entsteht die erste Anlage des Primitivbündels hier auf dieselbe Weise wie in der Puppe von Simulia und Chironomus, d. h. aus einer Anhäufung in-

differenter Zellen, welche sich mit einem Sarcolemma umgeben, sodann sich auflösen und die Kerne in einer klaren, gleichmässigen Grundsubstanz, der sarkogenen Substanz, zurücklassen.

Die Kerne ordnen sich in Reihen an, welche das Primitivbündel in allen Tiefen durchziehen, und vermitteln das Wachsthum durch Vermehrung der sarcogenen Substanz. Auf einem gewissen Punkt der Entwicklung angelangt, wandelt sich sodann der grösste Theil dieser letzteren in die bekannte quergestreifte Masse um, innerhalb deren die Kerne schwinden, und welche, wie aus der Lage der Kerne in einem Mantel sarcogener Substanz geschlossen werden muss, wahrscheinlich nur an der Oberfläche wächst und allmälig eine enorme Dicke und Länge erreicht. Dass die Kerne hierbei mitwachsen, während sie an Zahl nicht zunehmen, ist gewiss eine merkwürdige Erscheinung, auch zeigt sich im Verlauf dieser Entwicklungsgeschichte noch ein anderer Umstand, der der Besprechung werth ist: die sarcogene Substanz, welche das Primitivbündel der eben aus dem Ei geschlüpften Larve anfüllt, ist ohne allen Zweifel bereits contractil, sie ist dies sogar schon vor dem Ausschlüpfen, welches eben grade durch die Contractionen der Kaumuskeln ermöglicht wird, indem die zähe lederartige Eihülle mit dem Hakenapparate durchgerissen wird. Es lässt sich also in diesem Falle eine scharfe Grenze nicht ziehen zwischen sarcogener und contractiler Substanz, erstere ist bereits contractil, wandelt sich aber erst später in die bei den Arthropoden normale quergestreifte Form um.

Fig. XXIV. Zwei Primitivbündel vom Kauapparat der Larve von Musca vomitoria. Aus dem Ei, 12 Stunden vor dem Auskriechen der Larve. Vergr. hier wie bei der folgenden Fig. 350. Bei *a* Bündel abgerissen, vorstehende Zacken der klaren gallertartigen Grundsubstanz.

Fig. XXV. Zwei Primitivbündel aus derselben Gegend einer eben ausgeschlüpften Larve. *a* Sarcolemma, *b*. Grundsubstanz, *c* Kerne, *d* scheinbarer Querschnitt.

Fig. XXVI. Ein eben solches aus einer Larve von 0,3 Ctm. Länge. *a* Sarcolemma, *b* der centrale Cylinder quergestreifter contractiler Substanz, *c* der Mantel feingranulirter Substanz mit eingestreuten Kernen.

Fig. XXVII. Ein Stück eines Primitivbündels einer Larve von 0,45 Ctm. Länge.

Fig. XXVIII. Ein solches von einer ausgewachsenen Larve von 1,5 Ctm. Länge. *a* Sarcolemma, *b* contractile Substanz, *c* Kerne, *d* körnige Grundsubstanz, am untern Ende hat sich das Sarcolemma weit abgehoben und die quergestreiften Fascikel haben sich etwas in ihrer gegenseitigen Lage verschoben.

Ueber Entozoen im menschlichen Gehirn.

Von

Dr. **G. Rodust**

in Hamburg.

I. Cysticercus cellulosae.

Eine so undankbare Aufgabe es auch immer für den rein praktischen Arzt sein und bleiben mag, bei einem mit Entozoen im Gehirn behafteten Individuum eine Therapie einzuschlagen, eine um so dankbarere ist es jedoch für den wissenschaftlichen Mediciner, wenn man sich der Hoffnung hingeben darf, unsere bis jetzt noch ziemlich vagen Kenntnisse über die Störungen, welche durch eine solche Cerebralaffection hervorgebracht werden, durch ein paar mit aller möglichen Genauigkeit beobachtete Fälle in etwas zu vermehren. Das Feld der Gehirnkrankheiten ist in so mancher Beziehung für uns noch ein recht dunkles, so dass es gewiss der Mühe lohnt, auf alle erdenkliche Weise den Versuch zu machen, in solche chaotische Stellen durch getreue Beobachtungen mehr Licht hineinzubringen.

Fragen wir nun zuvörderst nach der Art und Weise, wie denn die Cysticerken, die Scolices der Taenia solium, von dem Darmkanal aus bis in das Gehirn eindringen, so gerathen wir hier an eine Stelle in der Lebensgeschichte der Cestoden, welche die Wissenschaft mit einer positiven Erklärung noch nicht ausgefüllt hat, über welche jedoch mannichfaltige Hypothesen, die der nur durch Experimente sicher zu erlangenden Beweise entbehren, aufgestellt sind.

Es ist hier nicht der Ort, alle von jeher gemachten Behauptungen über die Entstehung oder Einwanderung der Cysticerken in das Gehirn oder in andere Organe mit Gründen

pro oder contra zu versehen; trotzdem, dass wir die Entwickelungsstufen von den „Cystici“ zu Cestoden genau kennen gelernt haben, ist es bis jetzt noch nicht möglich gewesen, die Embryonen der Tänieneier auf ihrer Wanderung vom Darmtractus aus durch die verschiedenen Gewebe zu entdecken. Die Schwierigkeit der Erklärung dieser Frage hat man durch Hypothesen heben wollen, die mehr oder weniger unhaltbar sind. Stich (Ueber das Finnig-Sein lebender Menschen, von Dr. A. Stich. Annalen des Charité-Krankenhauses zu Berlin. 1854. Jahrgang V. p. 154—237) glaubt an eine Aufnahme (Resorption?) der Eier durch die unverletzte Darmwand in das Blut, äussert aber zugleich seine Bedenken über die Möglichkeit dieses Actes, obgleich er wiederum Kölliker citirt (Mikroskop. Anat. Bd. II. 2. Hälfte, p. 173), der „mehrere Male bei Kaninchen die Zotten mit Entozoen-Eiern dicht erfüllt“ gefunden haben will.

Näher sind wir aber dem wahren Thatbestande gekommen durch die trefflichen Untersuchungen und Experimente von Küchenmeister und Haubner. Das kurze Resumé ihrer Versuche ist Folgendes: Die Proglottiden der Cestoden werden sammt den Eiern und den in diesen enthaltenen Embryonen aus dem sie beherbergenden Darm abgestossen, gelangen an die Aussenwelt, und werden dann wiederum mit Gras, Salat etc. von anderen Thieren oder von den Menschen verschluckt, in deren Magen der Embryo von seinen Eischalen befreit wird (in Folge der Einwirkung des Magensaftes?) und von dort oder vom Darm (?) aus seine Wanderung beginnt vermittelst seiner zwei mittelsten Embryonalhäkchen, mit welchen er sich durch alle Gewebtheile hindurch zu arbeiten im Stande ist. (Küchenmeister, Parasiten. Erste Abtheil. p. 10 ff.)

Wenn es weiteren Fütterungsversuchen, wie sie besonders an Schafen zur Erzeugung der Drehkrankheit gemacht worden sind, erst gelungen sein wird, die Embryonen auch auf ihrer Wanderung unmittelbar vom Magen oder Darm aus anzutreffen, dann dürften wir wohl diese Art des Eindringens als constatirt ansehen; bis dahin aber müssen wir uns wohl darauf beschränken, dieselbe als eine annehmbare Hypothese zu betrachten. Ich glaube aber hier noch einen andern Punkt hervorheben zu dürfen, nämlich die sehr grosse Wahrscheinlichkeit des wenigstens in manchen Fällen Statt findenden Eindringens der Tänieneier, oder vielmehr ihrer frei gewordenen Embryonen unmittelbar vom Darm des die Taenia solium beherbergenden Menschen aus in die übrigen Organe und so auch in das Gehirn, ohne jedoch ein Verhältniss der Häufig-

keit dieser Art des Eindringens zu der gewöhnlich angenommenen weder angeben zu wollen, noch auch zu können. Küchenmeister freilich sagt (a. a. O.): „Kurz, alle Cestoden, deren Embryonen jene Häkchen an sich tragen, müssen eine Wanderung durch verschiedene Thierkörper durchmachen, in denen sie in die ächten Scolices sich umbilden, so dass man in einem und demselben Darmkanale niemals der ganzen Entwickelungssuite einer solchen Cestodenart begegnen wird.“

Weiterhin läugnet Küchenmeister die Möglichkeit der oben angegebenen Art des Eindringens, weil „stets vergeblich nach jenen Zwischenstufen gesucht werden wird, welche zwischen dem sechshakigen Embryo und dem ausgebildeten Scolex zwischen inne liegen.“ Dieses vergebliche Suchen ist aber kein Grund, obige Möglichkeit zurückzuweisen, da, wie schon gesagt, bisher auch vergeblich darnach gesucht ist, die Embryonen auf dem Beginn ihrer Wanderung zu treffen.

Es wäre demnach diese Art des Einwanderns ebenfalls eine Hypothese, zu deren Beweise Küchenmeister selbst, obgleich er, wie aus seinem so eben angeführten Satz hervorgeht, sie nicht gelten lassen will, den Fall von Günsburg anführt, in welchem ein durch Cysticercus cellulosae im Gehirn geisteskrank gewordenes Individuum einige Zeit vorher an Taenia solium gelitten hat. Dasselbe berichtet v. Gräfe von einer Kranken. Leudet erzählt von einer 28jährigen, mit Cysticercus cellulosae im Gehirn behafteten Frau, dass ihr während der Zeit, in welcher die durch die Parasiten bedingten cerebralen Erscheinungen vorhanden waren, eine Taenia abging (wahrscheinlich Taenia solium). (Davaine, Traité des entozoaires de l'homme. Paris. 1860, p. 660.) Die Symptome der Bandwürmer sind in so manchen Fällen gar nicht hervortretend, und so oft wiederum geht der Wurm unbemerkt ab, dass sein Vorhandensein gewiss gar häufig übersehen wird und erst später anderswo aufgefundene Cysticerken den früher dagewesenen Parasiten vermuthen lassen. Künftigen Untersuchungen muss es vorbehalten bleiben, ob sich diese Art der Wanderung, welche Küchenmeister nur andeutet, dann aber einige Seiten später schon wieder gänzlich verwirft, bewahrheiten wird. Sollte dies der Fall sein, so würde erstens jener Satz der Lehre vom Generationswechsel, dass die Metamorphose von Cestoden zu Cystici nothwendig mehrerer Thierkörper bedürfe, seine allgemeine Geltung verloren haben, wir hätten aber auch zweitens für den praktischen Kliniker einen, wenn auch nur schwachen, Anhaltspunkt mehr zur Diagnose der Cysticerken im Gehirn gewonnen.

Und die Frage nach der Diagnose eines solchen Falles, nach den Symptomen zur Feststellung derselben, ist ja für den Praktiker die weitaus wichtigere. Alle Autoren, denen wir Notizen über Cysticerken im Gehirn verdanken, begnügen sich mit der Angabe, dass ihre Erkenntniss am Lebenden unmöglich sei, und dass sich nur eine Wahrscheinlichkeitsdiagnose stellen lasse, wenn neben den Thieren in diesem Organ sich auch zugleich an der Oberfläche des Körpers dem Gefühl und Gesicht zugängliche Cysticerkengeschwülste zeigten.

Diese Angabe verspricht sehr wenig Tröstliches, da trotz der besonders accentuirten Behauptung von Stich (a. a. O. p. 159), dass „ein Individuum, das der Vegetationsplatz des Cysticercus cellulosae geworden ist, gemeiniglich gleichzeitig eine grössere Menge dieser Thiere vertheilt auf verschiedene Stellen des Körpers berge", die Fälle, wo Cysticerken einzig und allein im Gehirn vorkommen, doch nicht so ganz selten zu sein scheinen. Und dennoch möchte ich fast behaupten, dass in vielen Fällen auch ohne diese Stütze äusserlich zugänglicher parasitischer Geschwülste eine Wahrscheinlichkeitsdiagnose möglich sein muss. Um aber die Krankheitserscheinungen gehörig würdigen zu können, ist es nothwendig, sich in jedem Falle der wichtigen, schon von Göze (a. a. O. p. 51) und Hartmann (Miscellanea curiosa sive Ephemeridum medico-physicarum germanicarum academiae naturae curiosorum Decuriae I. annus quartus. Anni 1685. Norinbergae 1686. p. 153) beobachteten Eigenschaft der Bewegungsfähigkeit der Schwanzblase des Cysticercus zu erinnern; noch wichtiger aber für diesen Zweck erscheint mir die Kenntniss der Lebensdauer dieses Wurmes, um, hierauf basirend, die cerebralen Erscheinungen in Einklang bringen zu können mit den Invasionen der Thiere in's Gehirn, mit deren Wachsthum daselbst und endlich mit dem Processe ihres Unterganges.

Auf die genaue Detaillirung dieser Punkte ist bisher viel zu wenig Rücksicht genommen. Aran (Archiv. gen. de Med. de Paris. Sept. 1841. pag. 76) war der Erste, der eine Symptomatologie der Blasenwürmer im Gehirn versuchte, doch kümmerte er sich weder um die Eigenschaft der ausgewachsenen Blasen, noch auch um die Lebensdauer derselben; ausserdem warf er die Symptome der Cysticerken mit denen der Echinococcen zusammen, er beschrieb die Symptome der Blasenwürmer, wie man die aller übrigen im Gehirn vorkommenden, ruhig daliegenden Geschwülste beschreibt, musste aber zu dem empirisch gefundenen Resultat kommen, dass die Blasenwürmer im Gehirn Symptome verursachen, welche in sehr

vielen Fällen im Vergleich mit denen anderer Geschwülste gänzlich heterogen erscheinen. Dieser Arbeit folgte das vorzügliche Werk von Stich (a. a. O.), der mit unendlichem Fleiss die ihm vorliegenden Fälle durchmusterte und aus denselben die Symptome der Cysticerken einigermassen mit der Physiologie dieser Thiere in Zusammenhang brachte. Doch auch er wagt es nicht, die Erscheinungen soweit zu zergliedern, dass sie dastehen als eine physiologisch-pathologische Nothwendigkeit der einzelnen Acte des Lebens der Cysticerken.

Bei unserer noch heutzutage embryonalen Kenntniss der feineren Structurverhältnisse des Gehirns kann es unmöglich meine Absicht sein, jedes einzelne sich an lebenden Cysticercuskranken zeigende Symptom verwerthen zu wollen für den Nachweis der physiologischen Bedeutung dieser oder jener Hirnfasern; viel eher denkbar, wenn auch bis jetzt noch unmöglich, wäre solche Verwerthung bei den in einer grossen gemeinsamen Blase vorkommenden Echinococcen, als bei den oft zu Hunderten in den verschiedensten Theilen des Gehirns zerstreut liegenden Cysticerken. Wir müssen uns vielmehr immer noch an Allgemeinheiten halten, wir dürfen noch nicht weiter gehen, als zu sagen: die Symptome der Cysticerken im Gehirn sind theils Erscheinungen von Irritation, theils von Depression, und zwar Beides sowohl in der physischen, wie in der psychischen Sphäre, wobei es jedoch vorkommen kann, dass die eine oder die andere Gruppe dieser Erscheinungen zuweilen gänzlich ausbleibt, weil die diese Functionen leitenden oder beherrschenden Hirnpartien nicht der Sitz der parasitischen Affection geworden sind.

Dass die Cysticerken nicht an und für sich durch Erregung von Entzündung in den von ihnen bewohnten Organen Symptome hervorrufen, ist eine, wenn auch zuweilen noch angefochtene, aber doch wohl sichere Thatsache; sämmtliche Erscheinungen, welche sie bedingen, müssen sich daher auf mechanische Momente zurückführen lassen, mit alleiniger Ausnahme derjenigen, die durch den Act der Invasion der Parasiten in's Gehirn veranlasst werden, da wir durch die Beobachtungen von Küchenmeister erfahren haben, dass häufig feine Exsudatstreifen aufgefunden worden sind (sowohl im Gehirn, wie auch in der Leber), welche als zurückgebliebene Spuren der durchwanderten Strecken anzusehen sind.

Die oben genannten Irritations- oder Depressionserscheinungen lassen sich, wie ich glaube, mit Recht folgerdermassen detailliren:

1) Symptome, die durch den Act der Einwanderung der Embryonen in das Gehirn hervorgebracht werden: Reizung der Hirnfasern durch mehr oder weniger entzündliche Affection.

2) Symptome, die sich ergeben aus dem bleibenden Sitz der Cysticerken im Gehirn:

   a) in Folge der Fähigkeit dieser Thiere, eigenthümliche, zusammenschnürende, vom Blasenfundus ausgehende und über die seitlichen Theile „wellenförmig sich verbreitende Bewegungen zu machen mit gleichzeitiger Hervorstülpung und Einziehung des Kopfes und Halses" (v. Gräfe's Archiv I, pag. 453 ff.). Hieher gehören die Zeichen der Irritation durch Zerrung der Fasern.

   b) in Folge des Drucks, den die Blasen durch Verdrängung der sie umgebenden Hirnsubstanz auf diese letztere ausüben. Hieraus resultiren die Zeichen der Depression.

Es fragt sich nun drittens noch, ob auch den Process des Absterbens bestimmte Erscheinungen andeuten: da wir jedoch keine sichere Kenntniss besitzen über die Lebensdauer der Cysticerken, so ist darüber kaum etwas Anderes zu sagen, als dass nach dem Absterben der Thiere ähnliche Erscheinungen zurückbleiben müssen, wie wir sie z. B. an verkreideten Tuberkeln im Hirn kennen.

Wenn ich die Irritationserscheinungen auf eine Zerrung der Hirnfasern in Folge der Bewegungen der Thiere zurückgeführt habe, so darf doch nicht ausser Acht gelassen werden, dass noch eine andere Möglichkeit des Zustandekommens derselben, namentlich der convulsivischen und epileptiformen Anfälle, vorliegt. Massenhaft im Gehirn zerstreute Tumoren von Cysticerken müssen dieses jedenfalls comprimiren und dadurch zugleich eine Compression der zuführenden Arterien ausüben in der Art, dass die arterielle Blutzufuhr zum Gehirn unter die Norm sinkt. Dass eine solche centrale Anämie möglich, ist zwar früher vielfach bestritten, in neuerer Zeit aber über allen Zweifel erhoben; wir wissen auch durch die Untersuchungen von Kussmaul und Tenner, dass bei einer solchen Anämie immer Irritationserscheinungen, besonders Convulsionen auftreten, welche diese Forscher zurückführen auf eine durch Oligämie in den an der Hirnbasis liegenden Theilen bedingte erhöhte Erregbarkeit, Henle dagegen von einer Congestion zur Medulla oblongata ableitet. Es ist hier nicht

der Ort, auf diese Streitfrage näher einzugehen; es genügt vielmehr, anzugeben, dass die Möglichkeit, die epileptiformen Krämpfe bei Cysticercuskranken von einer solchen Hirnanämie herzuleiten, nicht von der Hand zu weisen ist. Jedoch, da diese Erscheinungen eine ununterbrochene, constante Kette bilden müssten, weil ja die Compression des Gehirns und somit der Gefässe durch die Geschwülste eine constante ist, so glaube ich, dass die Convulsionen, da sie zeitweise auftreten, vielmehr von der Zerrung der Hirnfasern durch die Bewegungen der Thiere abhängen, als von der verminderten Blutzufuhr.

Ich habe die obige Symptomengruppe mit den Erscheinungen eines Cysticerkenfalles, der im Ernst-August Hospital zu Göttingen vorgekommen, und den ich sogleich ausführlich berichten werde, verglichen und in Einklang zu bringen gesucht; ebenfalls habe ich schon früher genau beschriebene Fälle durchgesehen und kann durch sie meine Gruppirung der Symptome nur gerechtfertigt finden.

Der im hiesigen Hospital beobachtete Fall ist folgender:

Minna H., 19 Jahre alt,
Dienstmagd aus Esbeck.

Patientin hat schon mehrfach wahrscheinlich entzündliche Affectionen des Gehirns oder seiner Häute überstanden. Zuerst ist sie als etwa siebenjähriges Kind einen ganzen Winter bettlägrig gewesen. Die Krankheit hat damals acut begonnen und ist mit vielem Erbrechen und heftigem Phantasiren verbunden gewesen. Sie ist damals mit Blutegeln am Kopfe, kalten Ueberschlägen über denselben und Senfpflastern auf dem Rücken behandelt. Hierauf ist sie völlig genesen.

Vom zehnten Jahre an ist sie dann viele Jahre hindurch von einer heftigen Cardialgie befallen worden, welche jedoch mehr hysterischer Natur gewesen sein soll.

Etwa Ende Juli 1860 ist Patientin dann wiederum plötzlich heftig febril erkrankt, und hat ungefähr sechs Wochen unter heftigem, massenhaftem und oft wiederholtem Erbrechen, mit fortwährendem, beiderseitigem Kopfweh zu Bett gelegen.

Während dieser Zeit hat sich bei ihr allmälig Strabismus internus des rechten Auges eingestellt, welcher sich dann aber, nach etwa vierwöchentlicher Dauer wieder verloren haben soll. Gegen Michaëlis hin sind dann Krämpfe bei ihr aufgetreten, welche veranlasst haben, dass sie schon vier Wochen vor der Zeit aus dem Dienst hat entlassen werden müssen.

Innerhalb dieser vier Wochen hat sie sich zu Hause wieder so erholt, dass sie nachmals einen neuen Dienst hat antreten können. Allein schon nach abermals vier Wochen hat sie denselben wegen völliger Amaurose wieder verlassen und zu ihren Eltern zurückkehren müssen. Die Amaurose hat sich ohne besondere Schmerzen und sonstige febrile Erscheinungen entwickelt.

Während ihres Aufenthalts zu Hause haben sich dann die Krämpfe immer häufiger wiederholt, und sie ist die ganze Zeit hindurch von sehr

intensivem Kopfweh fast fortwährend geplagt gewesen; dagegen hat sich das Erbrechen ganz verloren und scheint sie auch nicht erheblich febril gewesen zu sein.

Hierauf ist sie dann am 5ten Februar 1861 in das hiesige Hospital abgeliefert.

Status praesens.

Patientin ist eine kräftige, wohlgebaute, gut genährte Person; ihrem starren und unbeweglichen Blick sieht man die völlige Amaurose sofort an. Beide Pupillen sind weit, und ist jede Spur von Lichtempfindung von beiden Augen völlig verschwunden. Das ist aber auch Alles, was eine genaue Untersuchung an ihr zu entdecken vermag. Es ist nicht die geringste anderweitige Lähmung aufzufinden; auch ist Patientin gänzlich afebril.

5. bis 8. Februar.

Die Kranke hat sich bis zum siebenten Februar sehr gut befunden; aber um Mitternacht dieses Tages ist sie in heftige Convulsionen verfallen, die sich vorherrschend nur am Rumpfe zeigen; es ist dabei der Kopf fast continuirlich nach hinten gezogen, überhaupt ein gewisser Opisthotonus des Rumpfes vorhanden. Patientin ist dabei nicht bewusstlos, sondern klagt laut über heftigen Kopfschmerz, ist etwas febril und hat auch erbrochen. Der Harn ist völlig klar und enthält keinen Zucker. Sie bekommt sechs Blutegel und kalte Ueberschläge über den Kopf.

8. bis 10. Februar.

Patientin ist wieder völlig wohl und gänzlich afebril, auch der Kopfschmerz ist fast ganz geschwunden.

10. bis 15. Februar.

Die oben beschriebenen Convulsionen haben sich schon zweimal wiederholt, aber ohne Erbrechen. Eine Blutentziehung ist jedoch nicht wieder gemacht worden.

15. Februar bis 5. März,

Das Befinden der Patientin bleibt unverändert. Ihre Convulsionen wiederholen sich alle drei bis vier Tage, dauern zuweilen nahezu 24 Stunden und sind mit heftigem Kopfschmerz verbunden, lassen aber für die Zwischenzeiten das Allgemeinbefinden völlig ungestört.

5. bis 28. März.

Die Erscheinungen bleiben ganz dieselben; jedoch treten die mit heftigen Kopfschmerzen verbundenen Convulsionen in etwas kürzeren Zwischenräumen auf. In einem solchen heftigen Anfalle stirbt Patientin am 28. März.

Sectionsbefund.

Die Leiche zeigt einen gut entwickelten Panniculus adiposus und mässig dunkle Muskulatur. Aus den angeschnittenen Jugularvenen quillt sehr dunkles Blut.

Am N. vagus, N. laryngeus superior und am obersten Halsganglion des N. sympathicus ist nichts Auffälliges zu bemerken.

Der Herzbeutel enthält wenig klare Flüssigkeit, die vordere Oberfläche des Herzens einen alten Sehnenfleck; die Pleurahöhlen enthalten wenig klare Flüssigkeit.

Zwischen linker Lunge und Brustwand sind einige zellige Adhäsionen, Spitze der Lunge und rechte Lunge frei davon.

Die Aorta enthält etwas dunkles Blut.

Im obern Theile des Oesophagus liegt einiger regurgitirter Speisebrei; das Epithel des Oesophagus zeigt sich fast gänzlich abgestossen.

Bronchialdrüsen normal.

Oberhalb des Einganges in den Kehlkopf liegen ziemlich viele Speisereste. In der Luftröhre bis in die gröberen Bronchien hinein findet sich

ebenfalls etwas Speisebrei und sauer reagirender Schleim in ziemlicher Menge angehäuft. Die Schleimhaut der Luftwege ist ziemlich stark bis in die feineren Bronchien hinein geröthet. Die ganze Lunge ist derb anzufühlen, wenig ausgedehnt, ziemlich blutreich, übrigens normal. Auf dem Durchschnitt quillt aus den Bronchialästen ebenfalls sauer reagirender Schleim. Das rechte Herz enthält wenig dunkles Blut, das linke ist leer; alle Klappen sind normal, Herzwandungen dünn, stark mit Fett überlagert und dem Anschein nach auch fettig entartet.

Milz ziemlich gross, auffallend weich und schlaff.

Leber ziemlich gross, blutreich, von morschem Gewebe, stellenweise gelblich, einen Fettbeschlag auf der Messerklinge zurücklassend.

Nieren normal.

Darmkanal normal, viele Trichocephalen enthaltend.

Magen mit etwas grünlich-gelblichem Speisebrei gefüllt.

Blase normal.

Ovarien strotzend, reich an Follikeln, hie und da Narben zeigend.

Der Schädel ist auffallend breit und kurz; starke Emissaria Santorini; wenige Pacchionische Granulationen. Die Wandungen des Gehirns sind auf beiden Hemisphären stark comprimirt, die Sulci verstrichen, die Gefässe wenig Blut enthaltend.

Unter der Pia mater erscheinen überall weissliche, linsengrosse Körnchen. Nach Herausnahme des Hirns zeigt sich am untern Theile des Clivus eine ziemlich starke Hervorragung, welche von dem hoch hinaufgehenden und stark entwickelten Zahnfortsatz des Epistropheus herrührt. Der Pons Varoli und der obere Theil der Medulla oblongata sind dem entsprechend etwas comprimirt.

Die Seitenventrikel sind nicht ausgedehnt; im Ependyma derselben sitzen einzelne linsengrosse käsig-kreidige alte Cysticerken, und im hintern Horn des linken Ventrikels zwei erbsengrosse frische Thiere.

Vierhügel und dritte Höhle normal.

In der vierten Hirnhöhle ist ein verkreideter Cysticercus auf dem Boden einige Linien tief eingebettet.

Bei Durchschnitten durch die Convexität der Hemisphären finden sich in der grauen Substanz zahlreiche eingekapselte, erbsengrosse Cysticerci eingebettet, ihre Gesammtzahl beträgt vielleicht 200.

Die Hirnsubstanz um die eingesprengten Knötchen ist anscheinend ganz unverändert. An einer Stelle hinten in der linken Convexität findet sich dicht neben mehreren eingekapselten ein ganz frischer Cysticercus.

In beiden Streifenhügeln sind mehrere, im linken Sehhügel ein Cysticercus, an der Grenze zwischen linkem Sehhügel und Streifenhügel mehrere.

Das kleine Gehirn enthält sehr wenige Thiere.

Die ziemlich spärlichen und vagen Notizen aus der Anamnese bieten, wenn auch nicht viele, so doch einige treffende Anhaltspunkte für die Richtigkeit der Reihenfolge der oben zusammengestellten Symptome.

Die mehrfachen entzündlichen Affectionen des Gehirns oder seiner Häute, die Patientin schon als siebenjähriges Kind erlitten hat, und die sich durch Erbrechen und Delirien äusserten, möchte ich zurückführen auf die erste Invasion der Cysticerken-Embryonen von Organen ausserhalb des Hirns durch

die Meningen hindurch in die innere Hirnsubstanz. Dass sich vom Jahre 1849, wo diese Einwanderung Statt gefunden haben muss, bis zum Jahre 1860 keine ferneren cerebralen Erscheinungen bei ihr gezeigt haben, darf uns nicht Wunder nehmen, da die Literatur genug der Fälle bietet, wo Cysticerken ganz latent verlaufen und erst zufällig bei der Section aufgefunden sind. Auch in unserem Falle mögen die Würmer latent geblieben und im Laufe der 11 Jahre abgestorben sein, ohne Symptome gezeigt zu haben. Das Absterben innerhalb dieser Zeit müssen wir aber annehmen, da nach den freilich noch spärlichen Beobachtungen von Stich und Küchenmeister für die Lebensdauer der Cysticerken eine Zeit von drei bis sechs Jahren gerechnet werden muss.

Patientin würde von der Zeit an sich wahrscheinlich einer relativen Gesundheit erfreut haben, wenn nicht im Jahre 1860 neue Einwanderungen von frischen parasitischen Entozoen Statt gefunden hätten; denn so erkläre ich mir die damals wieder acut febril mit Erbrechen und Kopfweh auftretende Erkrankung. Diese neuen Cysticerkenschaaren lagerten sich aber nicht so günstig, wie die ersten, dass sie ohne Störung der Hirnfunctionen ihre Lebensdauer durchmachen konnten, sondern jetzt äusserten sich in verschiedenen Intervallen die durch den Sitz der Parasiten oben als zwiefach angegebenen Erscheinungen des Drucks als Amaurose und der Irritation als Convulsionen und epileptische Anfälle. Die Ursache des Todes in solchem Anfalle hat die Section durch die in den Luftwegen bis in die Bronchien hinein vorgefundenen Speisereste deutlich nachgewiesen. Offenbar haben Regurgitationen Statt gefunden und sind die Massen durch eine heftige Inspiration in den Larynx getrieben und haben bei der folgenden Exspiration den Tod durch Suffocation herbeigeführt.

An allen in der Literatur verzeichneten Fällen, bei welchen eine genaue Anamnese vom ersten Auftreten irgend welcher Cerebralerscheinungen an aufgenommen ist, und bei denen es zur Obduction kam, habe ich die genannte Symptomenfolge wiedergefunden, immer war der erste Anfang der Dinge, der Act der Invasion, bezeichnet durch Reizerscheinungen, wenn zuweilen auch nur durch Kopfschmerz oder geringen Schwindel, worauf die Kranken nicht weiter achteten, da ihre Leiden bald wieder verschwanden, bis sie dann nach einiger Zeit durch neue und heftiger auftretende Erscheinungen von Irritation (meistens Epilepsie), abwechselnd mit denen von Depression, gezwungen waren, ärztliche Hülfe zu suchen.

Einige der Fälle, welche als Beleg angeführt werden könnten, finden sich bei Stich (l. c. pag. 193), wo ein Weib über Schwindel klagt, welchem später Anästhesie einzelner Glieder, epileptische Krämpfe, abwechselnd mit Geistesstumpfheit und Kopfschmerz, folgten; ferner bei J. Delaye (Journal de Toulouse, Mai 1850), wo die Krankheit mit einem epileptischen Anfall begann, worauf später Eingeschlafensein und Schwäche in den Beinen, dann später wieder epileptische Anfälle sich einstellten; Dr. Rüttel erzählt einen Fall, wo die Krankheit mit Irritationserscheinungen im psychischen Leben auftrat; hieher gehört auch der von Snell im Journal für Psychiatrie mitgetheilte Fall (Bd. 18. Hft. 1. 1861. S. 66). Bei Davaine: Traité des entozoaires de l'homme pag. 658—662 findet sich eine ziemlich bedeutende Zahl von Kranken- und Sectionsberichten über Cysticercus cellulosae im Gehirn; Aran und Michea: Hemiplegie, erst rechtsseitig, dann verschwand diese, dann linksseitige Hemiplegie, später Delirien, Hallucinationen, epileptische Anfälle. Ueber den ersten Anfang des Leidens findet sich hier nichts Sicheres angegeben. — Nivet et Marjolin: Epileptische Anfälle, dann Gangrän einer untern Extremität, und Tod in wenig Tagen. — Dewry-Ottley (Medic. chir. Transact. t. XXVII. 1844): Anfangs Ohrensausen, später comatöses Wesen und Lähmung der rechten Extremität, epileptiforme Krämpfe, beständiger Kopfschmerz.

Für diejenigen Fälle, welche wir als gänzlich latent verlaufen bezeichnet fanden, möchte ich ebenfalls wohl behaupten, freilich ohne genügende Beweise liefern zu können, dass der Act der Invasion in's Gehirn dennoch von Reizerscheinungen begleitet gewesen ist, wenn auch nur vorübergehend von Kopfschmerz, auf welches, da sich sonst nichts Nachtheiliges eingestellt hat, die Patienten keinen Werth legten. Diese allerdings etwas gewagt erscheinende Annahme kann ich nur einigermassen stützen durch den von Küchenmeister an Thieren gelieferten anatomischen Befund der feinen Exsudatstreifen, die als Rest der Wanderung zurückgeblieben sind, und die doch auf eine, wenn auch noch so vorübergehende, entzündliche Irritation hindeuten. In anderen Organen, als in Hirn und Leber, hat man bis jetzt nichts dem Aehnliches gefunden.

Es darf uns nicht befremden, dass wir in Betreff der einzelnen speciellen Symptome, die durch den Sitz der Cysticerken im Gehirn bedingt sein sollen, bei den verschiedenen Autoren die heterogensten Dinge angeführt finden; so, um nur

Eins zu erwähnen, hat Herr Hofrath Baum, wie ich dessen freundlicher mündlichen Mittheilung verdanke, aus den ihm vorgekommenen Fällen von Cysticerken im Gehirn folgenden Schluss ziehen müssen: Beim Sitze in der Corticalsubstanz hat derselbe keine Cerebralstörungen beobachtet, jedoch bedeutende, wenn diese Parasiten sich in den Ventrikeln fanden; die Kranken gehen dann endlich, aber ohne Erscheinungen von Arachnitis gezeigt zu haben, zu Grunde. Hofrath Baum hat die meisten im vierten Ventrikel gefunden, und zwar daselbst oft zu ungewöhnlicher Grösse entwickelt.

Damit stimmen so manche Angaben der in der Literatur verzeichneten Fälle nicht überein. Allein gerade da wir es hier mit einem Organ zu thun haben, von dem wir mit demselben Rechte, wie Galenus von der Milz thut, behaupten dürfen, dass es ein „Mysterii plenum organon“ ist, so halte ich es für um so nothwendiger, alle kleinen Körnchen zu sammeln, damit vielleicht dereinst noch eine Zeit komme, wo aus ihnen ein grosses, einheitliches Ganze aufgeschichtet werden kann, das über die feinste Faserung im Gehirn und die Functionirung der einzelnen Bestandtheile desselben den richtigsten Aufschluss gewährt.

Vergegenwärtigen wir uns die bisherigen Erwägungen über die Symptomatologie der Cysticerken im Gehirn, so reiht sich hieran eng die Frage an, ob es möglich ist, aus derselben einzig und allein, ohne dass sich sonst äusserlich sichtbare Cysticerkengeschwülste zeigen, eine sichere Diagnose zu stellen. Ich möchte diese Frage dahin beantworten, dass, wenn es möglich ist, die oben angegebene Reihenfolge der Symptome klar zu beobachten, ohne dafür andere wahrscheinlichere Ursachen auffinden zu können, und dass, wenn diese Gruppe von Erscheinungen durch kein anderes, complicirendes Krankheitsbild getrübt wird, man wohl berechtigt sein darf, eine Wahrscheinlichkeitsdiagnose zu stellen, welche noch mehr an Gewissheit gewinnen wird, wenn das betreffende Individuum vorher an Taenia solium gelitten hat oder noch leidet.

Gerade eine solche Wahrscheinlichkeitsdiagnose halte ich auch für gerechtfertigt bei einer Kranken, welche bis zum heutigen Tage noch eine Bewohnerin des Ernst-August-Hospitals zu Göttingen ist, und deren Krankengeschichte ich im Folgenden berichten werde, so genau wenigstens, wie die Notizen aus der gerade nicht allzu intelligenten Mutter herauszubringen waren.

Dorothea G., 19 Jahr alt,

aus Vorbrück, in's Hospital aufgenommen am 12. Mai 1861.

Die Kranke soll in ihrem siebenten Jahre die „Nervenkrankheit" gehabt haben und von dieser Zeit an etwas schwerhörig auf dem linken Ohr gewesen sein. Im 13ten Jahre soll diese Schwerhörigkeit des linken Ohres sich bis zur völligen Taubheit gesteigert, kurze Zeit darauf aber sich in so weit gebessert haben, dass der frühere Grad von Schwerhörigkeit wieder eintrat.

Sie war sonst kräftig, gut entwickelt, trat im fünfzehnten Jahre in einen Dienst, in welchem sie tüchtig alle Arbeit verrichten konnte. Als sie ungefähr ein Jahr im Dienst gewesen, erkrankte sie plötzlich mit heftigen Kopfschmerzen, ohne Erbrechen oder sonstige Erscheinungen. Die Schmerzen dauerten acht Tage und legten sich dann; kurze Zeit darauf wurden die Augen schmerzhaft, und ungefähr zwei Monate darauf bemerkte Patientin eine Abnahme der Sehkraft, namentlich des linken Auges, weniger auf dem rechten. Jetzt musste sie ihren Dienst wegen der zunehmenden „Kurzsichtigkeit" verlassen. Schon im Beginn der Störung des Sehens sollen sich Zuckungen im Gesicht eingestellt haben, die mit zweiwöchentlichen Intervallen aufzutreten schienen; auch soll die Kranke ein sehr schläfriges Wesen gezeigt haben. Sonstige Erscheinungen wurden nicht bemerkt. Dieser Zustand dauerte ein Jahr; alsdann stellten sich mehrmals am Tage heftige Kopfschmerzen, Zuckungen der Gesichtsmuskeln mit Aufblasen der Wangen und besonders Klagen über starkes Herzklopfen ein. Nach dreiviertel Jahren hörte dann Alles auf mit Ausnahme der Kopfschmerzen, welche jetzt eher heftiger wurden. Diese Periode währte bis zu Michaëlis 1860, zu welcher Zeit unter Auftreten von heftigeren Kopfschmerzen epileptische Anfälle sich einstellten, die sich ungefähr alle fünf Wochen wiederholten. Schon einige Zeit vorher, im Sommer 1860, war die Taubheit viel stärker geworden; die Kranke will damals einen Knall gehört haben und von dem Augenblick an fast ganz taub gewesen sein. Die epileptischen Anfälle dauerten den ganzen Winter fort; sie sollen allmälig weniger heftig als im Anfang geworden sein.

Von Weihnacht an hat die Kranke das Gehör völlig verloren.

Die „Kurzsichtigkeit" hat während der ganzen Zeit auch so sehr zugenommen, dass jetzt völlige Amaurose besteht, welche auch sofort an dem starren Blick und den weit geöffneten Augen zu erkennen ist. Alle übrigen Functionen sind ungestört geblieben. Die Menstruation hatte sich vor drei Jahren, im ersten Jahr der Erkrankung, zuerst eingestellt, wiederholte sich drei Mal und hörte dann auf.

Seit der Zeit ihrer Aufnahme in's Hospital zeigten sich wenig Veränderungen. Nach Zwischenzeiten von zwei bis drei Wochen wiederholen sich die epileptischen Anfälle mehr oder weniger heftig, denen jedes Mal mit kalten Umschlägen und Vesicatoren entgegengearbeitet wird, ohne jedoch andern Erfolg, als den des allmäligen Nachlasses der momentanen Erscheinungen zu haben; auch ein Setaceum ist ohne Wirkung geblieben.

Ebenso wie die epileptischen Anfälle treten auch von Zeit zu Zeit heftige Kopfschmerzen auf.

Geschwülste auf der Oberfläche des Körpers, die auf Cysticerken schliesen lassen dürften, finden sich bei genauer Untersuchung nicht; eine Taenia solium ist, soviel sich ermitteln liess, niemals abgegangen; und dennoch möchte ich diesen Fall für einen solchen erklären, bei welchem höchst wahrscheinlich eine Anzahl von Cysticerken sich im Gehirn zerstreut vermuthen lässt.

Die „Nervenkrankeit", welche Patientin in ihrem siebenten Jahre gehabt haben soll, wird wohl so zu deuten sein, dass in Folge der ersten Invasion von Embryonen in's Gehirn sich heftige irritative Cerebralerscheinungen, wie z. B. Delirien, besonders geltend gemacht haben.

Wir müssen, vorausgesetzt, dass die Lebensdauer der Cysticerken zwischen drei und sechs Jahren liegt, annehmen, dass die Massen, die mit dieser ersten Einwanderung in's Gehirn gekommen, völlig latent wieder zu Grunde gegangen sind, ohne eine andere Erscheinung, als die der Schwerhörigkeit zurückgelassen zu haben.

Den heftigen Kopfschmerzen, welche neun Jahre später wieder eingetreten sind, müssen wir eine neue Invasion als Ursache zuschreiben.

Von dieser Zeit an beginnen dann die Symptome, welche ich ansehe als hervorgerufen durch den Wohnort der Parasiten im Gehirn, Symptome, die theils einen Druck durch Geschwülste mit Verdrängung und Zusammendrückung der sie umgebenden Hirnsubstanz, theils eine Zerrung mit Irritation derselben anzunehmen berechtigen.

Seit dem Auftreten dieser zweiten Erkrankung sind jetzt drei Jahre vergangen, und da die Depressions- wie die Reizerscheinungen bis jetzt ungestört fortgeschritten, ja, vor einem Jahre die für so viele Cysticercusfälle charakteristischen epileptischen Anfälle sich eingestellt haben, so müssen wir schliessen, dass wenigstens ein Theil dieser Parasiten heutigen Tages noch nicht zu Grunde gegangen ist.

Es bleibt mir jetzt noch übrig, die Frage nach der Abnahme des Sehvermögens zu erörtern, deren Beginn in das sechszehnte Lebensjahr der Kranken fällt, und deren Ursache meiner Ansicht nach zu suchen ist in einem Druck, veranlasst durch Cysticercusmassen auf Opticus-Fasern, wahrscheinlich in der Gegend des Chiasma nervorum opticorum.

Eine gleich bei der Aufnahme der Kranken in's Hdspital vorgenommene ophthalmoskopische Untersuchung soll nichts Abnormes ergeben haben.

Ich habe die Untersuchung der Augen ungefähr ein halbes Jahr später in Gemeinschaft mit dem Assistenzarzte, Herrn Dr. Lessing, vorgenommen, und hat sich Folgendes als Resultat ergeben:

Bei der äussern Betrachtung findet man einen erheblichen, nach aussen und unten stehenden Exophthalmos des linken Auges; das rechte Auge, welches normal gelagert ist, tendirt im Blick ebenfalls nach aussen. Der Blick der Patientin ist

im Allgemeinen ein exquisit amaurotischer; die Pupillen sind gewöhnlich weit, aber ihr Verhalten gegen Lichteinflüsse normal, auch ihre Reaction auf Mydriatica ist eine gehörige.

Die ophthalmoskopische Untersuchung, welche mit dem Liebreich'schen Augenspiegel, im umgekehrten Bilde, vorgenommen wurde, bot beträchtliche Schwierigkeiten dar, einmal, weil Patientin ganz und gar nicht im Stande ist, ihre Augen auch nur eine geringe Zeit still zu halten, und ferner, weil die Thränensecretion, welche bei ihr gewöhnlich schon eine sehr reichliche ist, durch die Untersuchung noch vermehrt wird, ohne dass jedoch Patientin sonstige Perceptivität auf Lichtreiz äussert. Sie gibt zwar an, sie könne mit dem linken Auge Farben, besonders Streifungen von Kleidern, unterscheiden, allein dieses Sehvermögen ist sehr veränderlich: es gibt Tage, an denen sie absolut amaurotisch erscheint. Grössere Flächen, Gesichter, Geldstücke erkennt sie gar nicht, sie weiss nicht einmal beständig grelles Licht und complete Dunkelheit zu unterscheiden. Besonders ist in den letzten Wochen die absolute Amaurose vorherrschend geblieben.

In dem linken Auge ist die Retina in einem Zustande mässiger Hyperämie, an einzelnen Stellen erscheint sie etwas gekörnt, fleckig; die Papilla nervi optici ist in ihrer Form verändert, sie ist mehr elliptisch, ihre Contouren sind nicht scharf abgegrenzt. Das an der äussern Seite fehlende Kreissegment der Papille ist durch einen etwas dunklen Streifen ersetzt, und erscheinen an dieser Stelle die Contouren der Papilla nervi optici etwas unregelmässig gezackt.

Der Knotenpunkt der austretenden Gefässe ist dem äussern Rande auffallend nahe gerückt, die Gefässe selbst sind stark gefüllt, besonders die Venen; sie verlaufen in schnurgerader Richtung über das Sehfeld, ohne dass irgend welche Anastomosen vorhanden sind.

Circa 3''' nach innen von der Papilla n. optici sieht man einen blaugrünlichen, unregelmässigen, mehr dreieckigen, ausgebuchteten Fleck von ungefähr anderthalbfacher Grösse der Papille. Unter dem Fleck befinden sich mehrere kleine, rundliche, fast punktförmige Fleckchen. Die sonst ziemlich gleichmässig roth gefärbte Retina ist am Rande des grossen Flecks mehr blass, besonders nach aussen hin zeigt sich eine halbmondförmige, sehr blass gefärbte Partie derselben. Stark gefüllte Gefässe laufen wallartig um diesen Fleck herum.

Das rechte Auge bietet das Bild der Atrophie der Papilla n. optici dar, Retina blass, Papille blass und klein, Gefässe dünn und nur vereinzelt. —

Das Ergebniss der innern Augen-Untersuchung suchte ich möglichst objectiv darzustellen, weil eine sichere Diagnose und vollkommene Erklärung des Befundes mir zur Zeit noch nicht gerechtfertigt erschien. Nur soviel glaubte ich mit einiger Sicherheit daraus folgern zu dürfen, dass, wie schon oben angegeben, auch Geschwülste in der Gegend der Kreuzung der Opticus-Fasern sich befinden müssen. —

Ein eigenthümliches Verhältniss findet sich endlich noch in dem Bau des Schädels: derselbe ist nicht symmetrisch, sondern es erscheint die linke Kopfhälfte ein klein wenig stärker gewölbt, als die rechte. Ein horizontal um den Kopf über die Nasenwurzel und die Protub. occip. ext. gelegtes Maass ergibt für die linke Kopfhälfte 28 Centm. und für die rechte 26 Ctm.

Eine Prognose dieses, sowie überhaupt aller Cysticercusfälle anzugeben, liegt ausser dem Bereich der Möglichkeit, selbst wenn sich die Angabe einer Lebensdauer von höchstens sechs Jahren durch künftige Untersuchungen und Beobachtungen bestätigen sollte, weil die Gefahr für das menschliche Leben nicht bedingt ist durch die Cysticerken an und für sich, sondern durch die grössere oder geringere Bedeutung, welche die von ihnen afficirten Theile des Hirns für die Functionen des Gesammtorganismus haben.

Die Erfahrungen, welche man bis jetzt über die Erfolge der Therapie bei Cysticerken im Gehirn gesammelt hat, lassen sich in den wenigen Worten zusammenfassen, dass wir keine Mittel besitzen, weder die Thiere aus dem Gehirn zu beseitigen, noch auch Mittel, welche im Stande sind, ihrem Leben mitten in den Organen frühzeitig ein Ende zu machen.

II. Echinococcus altricipariens.

Der relativ häufige Befund von Cysticercus cellulosae im menschlichen Gehirn steht in gar keinem Vergleich mit dem von Echinococcenblasen in demselben Organ, Küchenmeister geht sogar soweit, dass er behauptet, ächte Echinococcen seien bis jetzt weder im Hirn, noch im Rückenmark mit Sicherheit nachgewiesen. Allein das heisst jedenfalls zu viel gesagt; wenn wir uns auch auf die Angabe der Autoren, welche Echinococcen im Gehirn beschrieben haben, bis in die zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts nicht verlassen dürfen, so sind doch seit dieser Zeit, wo sich allmälig über die wahre Natur dieser Entozoen mehr Licht zu verbreiten begann, einige,

wenn auch nur sehr spärliche Fälle als sicher constatirt anzusehen.

Seit dem Beginn dieses Jahrhunderts, seit der Zeit, dass Bremser den Cysticercus cellulosae von dem Echinococcus scharf trennte (Bremser, Ueber Würmer im lebenden Menschen. Wien 1819), können wir, so zu sagen als rothen Faden, der sich als ein Streitpunkt durch die Geschichte der Echinococcen bis in die letzten Jahre hindurchzieht, die Frage betrachten, ob es nur eine, oder ob es zwei Arten von Echinococcen gäbe, und ob der Echinococcus, der sich beim Thiere finde, derselbe sei, welcher zuweilen von Menschen beherbergt werde.

Küchenmeister, dem wir auf diesem Gebiete die neuesten und glaubwürdigsten Untersuchungen verdanken, ist durch dieselben zu dem Resultat gelangt, dass es zwei Arten gibt, die beide bei dem Menschen vorkommen, deren wesentlicher Unterschied in dem mehr oder weniger ausgeprägten Generationswechsel zu suchen ist, indem die eine Art nur eine grosse Summe einzelner Scolices in der Weise erzeugt, „dass jedes einzelne Individuum anfangs mit einem Stiele an der Innenwand des zur Mutterblase gewordenen, ursprünglichen, sechshakigen Embryo noch festsitzt, freilich in späterer Zeit auch wohl von diesem Stiele sich löst und dann frei in der Mutterblase herumschwimmt“, bei der zweiten Art dagegen entstehen, ausser der Scolexbildung, an der Innenwand der Mutterblase noch kleinere, sogenannte Tochterblasen. Küchenmeister wählt für die erste Art den Namen Echinococcus scoliciparients, für die letztere den von Echin. altriciparients.

Dieser Echin. altriciparients ist der namentlich in den Organen des menschlichen Körpers gefundene; die geschlechtsreife Tänie dieses Blasenwurmes hat man bisher jedoch fast ausschliesslich im Darm der Hunde entdeckt, niemals im Darm des Menschen. Wenn ich in Betreff der Frage nach der Wanderung dieses Parasiten auf Alles, was bei den Cysticerken gesagt ist, zurückweisen muss, so fällt selbstverständlich die dort als wahrscheinlich hervorgehobene Behauptung der Möglichkeit einer Einwanderung in's Innere des Körpers bei einem solchen Individuum, welches zugleich die zugehörige Tänie in seinem Darm birgt, bei den Echinococcen hinweg.

In Betreff der Genese der Echinococcen füge ich hier nur noch eine sonderbare Annahme von Krabbe hinzu; er hält nämlich den Eintritt der Eier einer Echinococcentänie nicht blos durch die Verdauungs-, sondern auch direct durch die

Luftwege für möglich. (Schmidt's Jahrb. Bd. 99. 1858. S. 104.)

Kein Organ, kein Gewebstheil des menschlichen Organismus ist wohl zu nennen, in welchem diese Parasiten nicht schon ihren Sitz aufgeschlagen haben. Im Gehirn freilich will, wie schon gesagt, Küchenmeister sie nicht anerkennen, sondern glaubt, dass es sich in allen bisher beschriebenen Fällen um Acephalocysten gehandelt habe. Zugegeben nun, dass dem so sei, so wird der Fall, welchen ich weiter unten ausführlich beschreiben werde, um so mehr Interesse verdienen, als es sich bei demselben nicht um Acephalocysten, sondern wirklich um Echinococcus altricipariens handelt, da die mikroskopische Untersuchung alle die für diese Art von Küchenmeister angegebenen charakteristischen Kennzeichen und Eigenschaften wieder finden liess.

Wenn ich bei der Symptomatologie der Cysticerken im Gehirn länger verweilte, und dort sogar eine systematische Gruppirung der Symptome für möglich hielt, für die ich die einzelnen Lebensäusserungen jener Parasiten als Basis hinstellte, so erscheint mir dagegen eine rationelle Symptomatik der Echinococcen in keiner Weise gerechtfertigt, und zwar aus leicht ersichtlichen Gründen.

Wir müssten auch hier wiederum, wenn ein Versuch zur Gruppirung der Symptome erlaubt wäre, uns das Leben der Thiere von ihrem ersten Eintritt in's Gehirn an bis zu ihrem fraglichen Untergang vergegenwärtigen. Aus theoretisch abstrahirten Gründen müssten wir, ebenso wie bei den Cysticerken, sagen: der Beginn der Krankheit, der mit der Invasion in's Gehirn zusammenfällt, muss bezeichnet sein durch wenn auch noch so geringfügige Irritationserscheinungen.

Woher aber kommt es, müssen wir dann fragen, dass diese Zeichen, falls sie wirklich vorhanden gewesen sind, sich nicht in der Weise, wie bei den Cysticerken, abgrenzen von einer nachherigen, aus Irritations- und Depressionserscheinungen gemischten Gruppe? Die Ursache hiefür ist, wie ich glaube, in dem raschen Wachsthum der Echinococcenblase zu suchen, in Folge dessen wir nur Symptome beobachten, welche die Vermuthung auf irgend einen fremden Körper, durch welchen die umgebende Hirnsubstanz eine Verdrängung erleidet, wahrscheinlich werden lassen.

Und hierin gerade liegt der Hauptgrund des Unterschiedes in den Erscheinungen, die von Cysticerken, und denen, die von Echinococcen ausgehen. Beim Cysticercus durften wir die Symptome dem Parasiten qua solchem zuschreiben, beim

Echinococcus dürfen wir sie nicht auf die Thiere selbst, sondern nur auf die von ihnen ausgehende dicke Umhüllungscyste reduciren. Die Thiere selbst verursachen keine Symptome, durch welche wir auf ihre Existenz aufmerksam werden könnten; sie leben abgeschlossen, unabhängig von der Aussenwelt, und bilden, in ihrer Blase im Gehirn vegetirend, einen eigentlichen Mikrokosmos in Makrokosmo. Selbst die undulirenden Bewegungen, welche Piorry mit dem Namen Fremissement, Küchenmeister mit dem Namen Hydatidenzittern belegt, und die man schon lange an den Echinococcenblasen wahrgenommen hat, resultiren nicht, wie Küchenmeister nachgewiesen hat, aus den Bewegungen der Thiere selbst, sondern entstehen nur, „wenn mehrere gelatinös erzitternde Cysten, die innerhalb einer grössern Blase, die ebenfalls gelatinöser Erzitterung fähig ist, eingeschlossen sind, irgendwie in Erschütterung versetzt werden". (Küchenmeister, Parasiten. Erste Abtheilung pag. 162.)

Demnach müssten wir, wenn wir jemals eine Aufstellung von Symptomen bei Echinococcen im Gehirn versuchen wollten, nicht nach den Lebensäusserungen der Thiere selbst fragen, sondern nur nach den Bewegungen, dem Fremissement der Cyste. Jedoch da ein solches bei jeder Bewegung, welche der Patient mit seinem Kopfe macht, nothwendig eintreten muss, da ferner durch dieses „Zittern" die die Blase umgebenden Hirnpartien einer bald starken, bald wieder gänzlich aufgehobenen Zusammendrückung und Verdrängung ausgesetzt sind, da wir auch hier eine Gruppe von Erscheinungen haben müssen, die zurückzuführen sind auf eine Verminderung des Schädelraums, also auf eine Compression der Gefässe mit behinderter arterieller Blutzufuhr zum Gehirn: da endlich unsere Kenntnisse über die Functionen des Gehirns uns auch nicht den geringsten positiven Aufschluss geben über den Zweck seiner einzelnen Partien, so sehen wir uns bei dem Versuche einer Symptomatologie in ein solches Labyrinth von Möglichkeiten und Hypothesen geführt, in welchem uns leider bis jetzt der leitende Ariadnefaden fehlt, um uns wieder herauszufinden. Rechnen wir endlich noch zu den Eigenschaften des Echinococcus oder seiner Umhüllungscyste die von manchen Autoren hervorgehobene Neigung, die Umgebung derselben in einen hyperämischen oder entzündlichen Zustand zu versetzen, so erhalten wir ein neues, grosses Feld von Erscheinungen, welche in Verbindung mit den anderen von der Cyste verursachten, die wir, mit Ausnahme des Erzitterns, jedem andern Tumor im Gehirn vergleichen können, wie auch die wenigen

in der Literatur verzeichneten Fälle ergeben, ein dermassen verworrenes Krankheitsbild liefern, dass sich am Lebenden unmöglich eine einheitliche Ursache diagnosticiren lässt.

Die Prognose der Echinococcen im Gehirn ist wohl fast absolut als eine ungünstige zu erklären; wenigstens darf von einem Latentbleiben der im Gehirn gewöhnlich zu bedeutender Grösse sich entwickelnden Cyste nicht wohl die Rede sein. Die Lebensdauer, die, nach einem Falle von Eschricht zu urtheilen, in welchem der Kranke 18 Jahre eine Echinococcencolonie besessen haben soll, eine ziemlich lange sein muss, hat dem Anschein nach nicht den Einfluss auf die Prognose, wie es bei den Cysticerken der Fall ist.

Wir besitzen in der Literatur, so viel mir bekannt ist, nur zwei Fälle von Heilung einer Echinococcenblase im Gehirn, welche analog ist der zuweilen in der Leber, Niere, Harnblase und anderen Organen beobachteten Naturheilung durch Berstung der Colonie und Abgang der Tochterblasen nach aussen.

Der eine Fall ist erzählt von Peinemann in Holscher's Annalen: Auf der Convexität des Schädels befand sich eine allmälig grösser werdende Geschwulst, die für einen Abscess gehalten wurde: sie öffnete sich spontan und es entleerten sich eine Menge von Hydatiden. Es erfolgte vollkommene Heilung.

Der andere Fall ist mitgetheilt von Moulinié in der Gaz. des hôpitaux, 1836, t. X. p. 303. (Davaine, Traité des entozoaires, p. 648): Es handelt sich um ein funfzehnjähriges Mädchen: la fille avait une perforation au crâne, recouverte d'une cicatrice cruciale, ce qui a fait croire, qu'elle avait subi l'opération du trépan, mais on n'eut aucun renseignement à cet égard. Man fühlte Fluctuation; die Cyste öffnete sich spontan durch Berstung, und mit dem Eiter ergossen sich „hydatides acéphalocystes du volume d'un grain de raisin". Die Heilung erfolgte vollständig.

Diese Fälle werden wohl für lange Zeit als einzig in ihrer Art dastehen, und demnach wird die Prognose dennoch als eine absolut ungünstige bezeichnet werden dürfen.

Die Therapie steht vollständig machtlos diesen Parasiten im Gehirn gegenüber, wenn nicht durch Zufall die Blase frühzeitig erkannt und durch die Punction entleert wird; doch kommt immer die Frage in Betracht, ob der operative Eingriff nicht rascher das Leben bedroht, als die ihrem Wachsthum ruhig überlassene Blase.

Die von Dr. Michéa in der Gaz. med. de Paris, no. 47, 1840 beschriebenen Acephalocysten sind, wie schon Stich angibt, wohl für Cysticerken zu halten. Ob der Fall von Roberts, der in Schmidt's Jahrb. Bd. XXV, S. 279, 1840, mitgetheilt wird, eine ächte Echinococcenblase oder eine Acephalocyste betrifft, muss dahin gestellt bleiben: der Sectionsbericht gibt darüber keinen Aufschluss.

Dagegen glaube ich, dass wir es in dem Fall von Rendtorff mit ächten Echinococcen zu thun haben; es heisst bei ihm (a. a. O. pag. 51): „Hac parte (i. e. cerebri parte, quae ventriculum lateralem tegebat) remota, tanta hydatidum copia in conspectum nobis veniebat, ut ventriculi cavum mire esset dilatatum, neque cornu eius anterius discerni posset. Omnis hydatidum copia tunica propria erat circumdata" etc.

Der von mir beobachtete Fall von Echinococcus altricipariens betrifft einen neunjährigen Knaben, welcher am 6. Juni 1861 in dem Ernst-August-Hospital zu Göttingen aufgenommen wurde.

Durch Herrn Geh. Hofrath Hasse ward mir der Knabe zur genaueren Beobachtung übertragen, und stellte ich nach Aufnahme der Anamnese und des Status praesens die auch von Herrn Geh. Hofrath Hasse bestätigte Diagnose auf Hydrocephalus acquisitus, der sich namentlich in dem rechten Seitenventrikel geltend mache.

Albert R., 9 Jahr alt,

aus Löwenhagen.

Patient war früher ein ganz gesundes und vernünftiges Kind. Im fünften Jahre bekam er einen Favus, an welchem er noch jetzt leidet. Seit zwei Jahren besuchte er die Schule und machte befriedigende Fortschritte. Gegen Ostern dieses Jahres bemerkte man ein auffallend schläfriges Wesen an ihm und Abnahme des Gedächtnisses, so dass der Lehrer mit ihm unzufrieden wurde. Anfang Mai wurde er heftiger krank, bekam heftiges Kopfweh und Erbrechen und verlor den Appetit, so dass er das Bett hüten musste. Allgemeine Convulsionen, Verdrehen der Augen, Zähneknirschen hat man nicht bemerkt, wohl aber schmerzhaftes Ziehen in den Armen und Beinen. Patient war nicht bewusstlos, wurde aber immer theilnahmloser und stumpfsinniger.

Status praesens.

Der Stand der Ernährung ist nur mässig, Patient liegt comatös da und ist erst durch stärkere Anregungen zu erwecken. Der Hirntheil des Schädels ist auffallend stark entwickelt, Umfang 56 Centimeter. Die Fontanellen sind verschlossen. Die ganze Kopfhaut ist mit dicken Favus-Borken bedeckt. Pupillen weit, träge. Die linke untere Extremität zeigt weit geringere Beweglichkeit, fast Empfindungslosigkeit gegen schmerzhafte Berührung, und verminderte Reflexbewegungen. Die linke obere Extremität zeigt Contractur der Flexoren. Die psychischen Functionen sind sehr abgestumpft,

Patient antwortet nur mit Ja und Nein, seine Aufmerksamkeit ist schwer zu fixiren, er fordert nichts zu essen und zu trinken. Dargebotene Speisen nimmt er. Harn und Koth lässt er unter sich gehen. Die Zunge wird langsam und gerade herausgestreckt, ist etwas belegt. Harn alkalisch, ohne Eiweiss.

8. Juni: Patient zeigt sich etwas lebhafter, er antwortet mehr, hat Stuhlgang angezeigt, Urin aber unter sich gehen lassen. Sensibilität und Reflexbewegung der linken untern Extremität sind weit lebhafter.

10. Juni: Wieder mehr Sopor ist vorhanden; Patient klagt über Kopfschmerz.

13. Juni: Etwas stärkere Contractur des linken Arms; der Puls ist seit einigen Tagen regelmässig Abends fast normal, Morgens sehr frequent, Temperatur ist nicht erhöht.

16. Juni: Das linke Auge kann nicht geschlossen werden, auch im Schlafe nicht. Die Lidbewegungen des rechten Auges sind normal. Patient erhält ein Blasenpflaster über den Kopf.

19. Juni: Am Rücken und Gesäss zeigen sich mehrere Furunkel. Patient ist etwas lebhafter.

26. Juni: Es wird wieder ein Blasenpflaster applicirt.

29. Juni: Das linke Auge kann wieder besser geschlossen werden. Patient bricht Alles gleich wieder aus. Völliger Sopor. Grobes Rasseln in der Trachea.

30. Juni: Patient schluckt nicht mehr. Hohes Fieber. Temperatur 40,8 C. Pulsfrequenz 160. Respirationsfrequenz 24.

2. Juli: Nachts 1 Uhr erfolgte der Tod.

Sectionsbefund.

Die Leiche ist nicht sehr abgezehrt, doch sind die Muskeln schlaff.

Brusthöhle: Die Lungenränder sind wenig vorragend, die Thymus zeigt sich stark entwickelt. Rechts finden sich fast ringsherum zellige Adhäsionen des oberen Lappens, in der rechten Pleurahöhle ist jedoch nichts Besonderes zu sehen. Die linke Lunge ist nicht adhärent, das Cavum pleurae enthält aber eine geringe Quantität seröser Flüssigkeit; auch bei Eröffnung des Pericardium fliesst etwas klare Flüssigkeit heraus.

Links befinden sich einige unbedeutend geschwollene Halsdrüsen.

Aorta, Oesophagus und der Eingang in den Kehlkopf bieten keine Abnormitäten.

Die Bronchialdrüsen zeigen eine wenig dunkle, mit etwas weisslicher Ablagerung versehene Anschwellung. In der Luftröhre ist eine grosse Masse eitrigen Schleims, der mehr von der rechten Seite herzukommen scheint, angesammelt. Ausser einer schwachen Gefässinjection zeigt sich nichts Auffallendes. Bei Aufschneidung der Bronchien quillt viel Schleim hervor, weniger jedoch aus den tieferen Verzweigungen derselben.

Rechte Lunge: Ihr mittlerer und oberer Lappen hat etwas emphysematische Ränder. Der obere Lappen ist marmorirt, der untere stellenweis blutreich, zerreisslich, seine Bronchialäste enthalten hin und wieder etwas Schleim; dagegen sind die oberen Partien des oberen Lappens, sowie auch der mittlere Lappen weniger blutreich.

Linke Lunge: Ihr oberer Lappen ist wenig blutreich, auf dem Durchschnitt finden sich nur an einzelnen Stellen eitrige Schleimmassen. Ihr unterer Lappen ist marmorirt, an anderen Stellen ödematös; aus den gröberen Bronchien und aus einzelnen kleineren Aesten quillt eitriger Schleim.

Die Thymus, die sich schon beim oberflächlichen Anblick als gross ergab, bietet weiter keine Abnormität.

Herz: Seine Grösse und Gestalt ist normal.

Im rechten Herzen finden sich einige feste, dunkle Gerinnsel, ebenfalls in der Art. pulmon. Die Klappen, sowie die Wandungen der Art. pulmon. sind normal. Im linken Ventrikel und Atrium liegen sehr wenig dunkle Gerinnsel, sonst findet sich hier, sowie in der Aorta keine Abnormität.

Bauchhöhle: Die Lage der Eingeweide ist normal.

Die Leber ist mässig gross, an ihrer Oberfläche etwas marmorirt; sie ist braun, ziemlich blutreich, von zäher Consistenz.

Die Gallenblase ist mit einer grossen Menge dünner, wässeriger Galle angefüllt, im Uebrigen normal. Die V. port. enthält eine bedeutende Quantität Blut.

Milz: Mässig gross, etwas geschrumpfte Oberfläche; auf dem Durchschnitt erscheint sie blassbraun.

Nieren: Die Oberfläche der rechten Niere ist stellenweise etwas blutreich, die Corticalsubstanz blass, Papillen dunkel geröthet, das Nierenbecken weit.

Die rechte Nebenniere ist normal.

Die linke Niere bietet dieselben Verhältnisse dar, wie die rechte, mit der Ausnahme, dass aus dem weiten Becken etwas trübe Harnflüssigkeit hervorkommt.

Die linke Nebenniere ist normal.

Pancreas und Magen sind ebenfalls unverändert.

Die Mesenterialdrüsen finden sich vergrössert, enthalten aber nur geringe Spuren von weisslichen Einlagerungen.

Das Ileum zeigt deutlich entwickelte Drüschen. Im Uebrigen ist der Darmtractus normal; einige Exemplare von Trichocephalus dispar und Oxyuris vermicularis sind vorhanden.

Die Blase enthält einigen trüben, sedimentirenden Harn; die Schleimhaut der Blase zeigt geringe Spuren von Hyperämie.

Der Kopf ist ziemlich gross, die rechte Seite desselben scheint etwas grösser zu sein, als die linke. Die Bildung der Nähte, sowie die Verwachsung der Fontanellen ist vollständig zu Stande gekommen. Schon bei der Spaltung der Dura mater drängt sich die Hirnsubstanz stark in die Höhe. Nach der Herausnahme des Hirns sieht man eine deutliche Fluctuation über die beiden grossen Hemisphären, mit Ausnahme der hinteren Lappen, verbreitet; namentlich gegen den Boden des Vorderhorns vom Ventriculus lateralis dexter ist die Hirnsubstanz ausnehmend verdünnt und durchscheinend.

Im rechten vorderen Hirnlappen findet sich eine Blase von bedeutender Grösse, nach oben und unten von derselben ist die Substanz des Hirns ganz geschwunden, und sind nur noch Hirnhäute vorhanden, diese sind oben mit der Schädeldecke fest verwachsen. Die Blase selbst jedoch hängt mit ihrer Umgebung nicht fest zusammen, sondern gleitet bei Lösung der Basis des Gehirns von der Dura mater von selbst aus dem Schädel heraus. Sie hat sich dermassen gegen den linken, vorderen Lappen angedrängt, dass dessen innere Fläche ausgehöhlt erscheint und sein innerer oberer Rand sich über die Blase herüberlegt.

Linker Seitenventrikel: Das Vorderhorn ist bedeutend erweitert und mit klarer Flüssigkeit gefüllt; Unter- und Hinterhorn sind ebenfalls, aber nicht so bedeutend wie das Vorderhorn, erweitert und mit klarer Flüssigkeit gefüllt.

Seh- und Streifenhügel der linken Seite erscheinen von der Seite und von oben her zusammengedrückt. Corpus callosum, Fornix, sammt dem dritten Ventrikel sind von vorn nach hinten zusammengedrückt; das Corpus callosum und der Fornix von so weicher Consistenz, dass es bei der Untersuchung zerfliesst.

Der dritte Ventrikel ist bis in das Infundibulum nach abwärts erweitert, so dass dieses an der Basis des Gehirns deutlich hervorgedrängt wird.

Die Vierhügel sind breit gedrückt und fast durch ihre ganze Dicke hindurch erweicht; ihre obere Hälfte ist braunröthlich und sehr zerfliesslich, ihre untere Hälfte dagegen mit rothen Punkten durchsetzt und ebenfalls zerfliesslich.

Rechter Seitenventrikel: Das Unterhorn, sowie das Hinterhorn sind nur im untersten Theile wenig erweitert und mit klarer Flüssigkeit gefüllt; das Vorderhorn dagegen scheint zu der ungeheuren Höhle, in der die Blase lag, erweitert zu sein.

Die Blase ist ungefähr faustgross, von derber Beschaffenheit, mit wasserheller Flüssigkeit gefüllt, und enthält an ihrer innern Oberfläche eine Menge weisser, warzenförmiger, zusammengehäufter Massen.

Die Umhüllungscyste besteht aus einer 1—2''' dicken Membran, an welcher das Mikroskop die von Küchenmeister hervorgehobene und auch abgebildete lamellöse Structur erkennen lässt. An der Innenwand dieser Mutterblase sind zahlreiche, jedoch nur durch das Mikroskop zu erkennende, mit Stielen ansitzende Tochterblasen befestigt, welche die Echinococcen umgeben.

Die von mir untersuchten Scolices zeigten eine herzförmige Gestalt, wie sie immer beobachtet wird, wenn der Kopf des Thieres in den Leib eingezogen worden ist; der Hakenkranz war deutlich in der Mitte zu sehen, dagegen natürlich nicht die vier Saugnäpfe. Ueberall bemerkt man die den Inhalt des Kopfes und Leibes bildende, fein punktirte Masse und zahlreiche ovale Körperchen aus kohlensaurem Kalk. Einzelne Häkchen finden sich zerstreut in den Tochterblasen.

Beschreibung des Schädels nach der Maceration.

Der Umfang des knöchernen Schädels in einer Ebene, die gelegt ist durch die Glabella und die Spitze, in der die beiden Suturae lambdoideae zusammentreffen, beträgt 56 Ctm., ein gerader Durchmesser von vorn nach hinten in derselben Ebene beträgt 19,5 Ctm., der Querdurchmesser derselben Ebene in einem Frontalschnitt gedacht, der durch die beiden Proc. mastoidei gehen würde, beträgt 16 Ctm.

Die Nähte des Schädeldaches sind fast überall auseinander gewichen; die spitzen, fast fadenförmigen Zacken der Ossa parietalia greifen in der Sutura sagittalis so lose ineinander, und ebenso die Zacken des Os frontale in der Sutura coronaria mit denen der Ossa parietalia, dass die drei Knochen bei leiser Berührung auseinander fallen.

Die übrigen Nähte des Schädels sind zwar auch auseinander gewichen, jedoch nur in dem Masse, dass sie sich leicht auseinanderbiegen lassen, so dass also die untere Hälfte der Schädelknochen mit den Gesichtsknochen eine noch lose zusammenhängende Knochenhülle bildet.

Die rechte Hälfte des convexen Schädeltheils ist stärker gewölbt, als die linke; auch ist die Dicke des rechten Scheitelbeins geringer, als die des linken. Die grösste Dicke der Scheitelbeine beträgt in ihrer Mitte circa 3''', die geringste Dicke am Umfang derselben 1'''.

Ungefähr dasselbe Verhältniss findet sich in den Dickendurchmessern der übrigen Schädelknochen, welche sämmtlich an einigen Stellen bis auf Kartenblattsdicke verdünnt sind.

Die Gesichtsknochen dagegen bieten hinsichtlich ihrer Dicke normale Verhältnisse dar.

In allen verdünnten Knochen ist die diploetische Substanz geschwunden, während die Corticalsubstanz sich nicht besonders porös zeigt. Nur die Sella turcica, die rechte, in die Fossa calvariae media hineinblickende Seitenfläche des Corpus ossis sphenoidei und die Spitze der rechtseitigen Pyramide haben ein ziemlich poröses Ansehen.

Vergleichung des Harns aus den beiden gleichzeitig thätigen Nieren.

Von

Max Hermann. *)

Wenn die Harnabscheidung so geschieht, dass sich in den Nieren das Plasma in zwei Theile spaltet, von denen der eine (Eiweiss u. s. w.) in den Gefässröhren zurückbleibt, während der andere (Wasser, Harnstoff, Kochsalz u. s. w.) in die Harncanälchen übergeht, so muss die Folgerung gelten, dass, gleiche Zusammensetzung des Blutes vorausgesetzt, in der Zeiteinheit um so mehr Harnstoff aus den Nieren hervorgeht, je mehr Wasser abgesondert wird. Denn da nach jener Vorstellung ursprünglich Wasser und Harnstoff in demselben Verhältniss abgeschieden werden, in welchem sie im Blute enthalten sind, so muss, gleiche Zusammensetzung des Blutes vorausgesetzt, mit dem ursprünglichen Harn um so mehr Harnstoff austreten, je mehr Wasser er mitnimmt. Der ursprüngliche Harn soll nun aber auf seinem Wege durch die Canälchen mittelst eintretender Diffusion verdickt werden. Nimmt man, wie wahrscheinlich, an, dass aus dem ursprünglichen Harn das Wasser rascher als der Harnstoff zum Blute zurückgeht, und erinnert man sich ferner daran, dass die Menge des zurückgehenden Wassers und Harnstoffes um so geringer sein muss, je kürzer die Zeit ist, während welcher der Harn in den Canälchen verweilt, und dass endlich diese Zeit abnehmen muss, je lebhafter die Glomeruli absondern, so muss die oben ausgesprochene Folgerung auch für den

*) Aus dem XXXVI. Bande der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Verf. zum Abdruck mitgetheilt.

Harn gelten, welcher durch Diffusion verändert aus den Papillen hervorgeht.

Wenn dagegen die Harnabsonderung so geschieht, dass die Zellen der Canälchen den Harnstoff anziehen, und das Wasser, welches von den Glomerulis abgeschieden wird, diesen Harnstoff auswäscht, so muss offenbar nicht allein der Harn um so mehr Harnstoff-Procente enthalten, je träger die Harnabscheidung geschieht, sondern es muss namentlich auch dann, wenn bei ungehindertem Blutstrom durch die Niere der Austritt des Harns aus den Papillen unterdrückt ist, die Niere, respective deren Zellen mit Harnstoff gesättigt werden. Dem letzteren gemäss würde, wenn der Harnaustritt wieder erlaubt wird, die zuerst aus den Nieren tretende Flüssigkeit sehr harnstoffreich sein müssen. Diese und ähnliche Ueberlegungen waren es, welche mich zu einer Versuchsreihe bestimmten, die ich im physiologischen Laboratorium der k. k. Josephs-Akademie unter Anleitung von Professor K. Ludwig ausführte.

Um die obigen Fragen für Harnstoff und NaCl zur Entscheidung zu bringen, mussten an demselben Thiere die beiden Ureteren zugleich aufgesucht, der von beiden Nieren abgesonderte Harn aufgefangen und die Mengen des abgeschiedenen Harns, Harnstoffes und NaCl bestimmt werden. Nebstdem musste der Ureter der einen Seite einige Zeit hindurch verschlossen werden, während der der andern Seite geöffnet blieb. Darauf war der zugebundene Ureter wieder zu eröffnen, der Harn aufzufangen und auf seinen Gehalt an Harnstoff und NaCl zu prüfen. Die Hoffnung, auf diesem Wege ans Ziel zu kommen, war begründet in der Erfahrung von Goll und K. Ludwig, dass die beiden Nieren zu derselben Zeit ungleiche Menge von Harn ausscheiden, und ferner, dass die Harnabscheidung während der Unterbindung des Ureters stockt, nach Eröffnung des Fadens aber von Neuem vor sich geht. Die bei dieser einfachen Versuchsreihe angewendeten Verfahrungsweisen waren folgende:

Grosse Hunde wurden mit Fleisch einige Stunden oder mit viel Wasser unmittelbar vor Beginn des Versuches gefüttert, damit sie während des Maximums der Harnabscheidung der Beobachtung unterworfen wurden. Hierbei ist die Vorsicht anzuwenden, nicht zu kurze Zeit nach der Fütterung mit fester Nahrung die Aufsuchung der Ureteren vorzunehmen, weil der hierzu nothwendige operative Eingriff fast jedesmal Erbrechen erzeugt. Zur Aufsuchung der Ureteren wurde jederseits ein Schnitt durch die Seitentheile der Bauchwandung unmittelbar

der Symphysis sacro-iliaca gegenüber geführt, gross genug um zwei Finger hindurch zu lassen; dann wurde, ohne dass ein Baucheingeweide vorfallen konnte, der Ureter in der Bauchhöhle an seiner Kreuzungsstelle mit der Art. iliaca durch Tasten aufgesucht und hervorgezogen; in den Ureter wurde dann ein T-förmiges Rohr eingesetzt. Der horizontale Schenkel des Rohres wurde in den nur durch einen Einschnitt eröffneten Ureter eingeschoben, und dort an seinen beiden Enden festgebunden. Der senkrechte Schenkel wurde, nachdem der Ureter möglichst in seine natürliche Lage gebracht war, in die Wunde der Bauchdecken eingenäht. Da nur der senkrechte und die nach der Niere hin sehende Abtheilung des horizontalen Schenkels der Röhre eine Lichtung besass, der nach der Blase hin sehende aber verschlossen war, so musste aller Harn durch den senkrechten Schenkel ausfliessen. Das angewendete Rohr gewährte den Vortheil, dass der Ureter niemals verbogen werden konnte, so dass der Ausfluss des Harns immer ungehindert blieb. Die Auswahl gerade dieser Stelle des Ureters war getroffen worden, weil man hier entfernt von der Niere die Bauchhöhle eröffnete und somit voraussichtlich die geringste Störung in den Stromlauf und die Innervation der Niere einführte.

Zum Auffangen des Harns dienten Kölbchen, die mittelst eines gereinigten Kautschukrohres und einer gebogenen Glasröhre, die durch einen wohlschliessenden Kork lief, an dem senkrechten Schenkel des T-förmigen Rohres befestigt wurde. Um die Luft in dem Masse, in welchem Harn einfloss, aus dem Kölbchen austreten zu lassen, war der Kork capillar durchbohrt; das Kölbchen wurde ausserdem, um die Verdunstung noch mehr zu beschränken, in Watte gewickelt, die mit Aether befeuchtet ward. Der während einer genau notirten Zeit ausgeflossene Harn wurde gewogen, der NaCl-Gehalt mit Silberlösung, der Harnstoff nach der Methode von Liebig titrirt. Die Grösse der Fehler, welche in die Harnmenge durch die Ureterenbewegung und durch die Art des Auffangens, in den Harnstoff- und NaCl-Gehalt durch das Titriren eingeführt wurden, kann ich nicht einmal annäherungsweise angeben; um so weniger als Versuche, die sich gegenseitig beleuchten, theils wegen der Natur der Beobachtungen, theils wegen der geringen Menge von gewonnener Flüssigkeit nicht möglich waren. In Anbetracht dieser Umstände habe ich durch sorgfältige Ausführung der Handgriffe die Fehler möglichst zu verringern getrachtet. Da der Harnstoff und NaCl auf das Volum des Harns titrirt worden, der Harn selbst

aber gewogen war, so hätte das specifische Gewicht des letzteren bekannt sein müssen, um die absolute Menge beider Stoffe im Harn bestimmen zu können; da dieses wegen der geringen Ausbeute an Harn nicht möglich war, so setzte ich das specifische Gewicht desselben überall gleich 1; hierdurch ist allerdings ein kleiner Fehler in die Berechnung der gesammten Harnstoff- und Kochsalzmenge eingeführt.

Sollte die Harnabsonderung unterbrochen werden, so wurde der am senkrechten Röhrenschenkel vorhandene Kautschuk zugequetscht. Nach Eröffnung des geschlossenen Ureters versuchte man den im letzteren angehäuften also während der Unterbindung gebildeten Harn zu sondern von dem, der nach der Eröffnung durch die Niere abgeschieden wurde. Hierbei verfuhr ich so, dass ich das unmittelbar nach der Eröffnung im raschen Strahl Ausfliessende für den Ureterinhalt ansah. Wenn darauf der Harn wieder tropfenweise zum Vorschein kam, so wurde das Kölbchen gewechselt. Diese Scheidung ist weder scharf, noch lässt sich der Umfang ihres Fehlers angeben; sie gewährt jedoch jedenfalls den Vortheil, den Inhalt des Ureters sowohl, wie den neu abgesonderten Harn weniger vermischt zu erhalten, als es ohne ihre Anwendung möglich.

Ich setze nun zunächst die Versuchsreihen hin, die nach den entwickelten Grundsätzen angestellt sind.

I. Versuch.

Beobachtungs-zahl	Linker Ureter: Zeitdauer der Aufsammlung		Ganze Harnmenge	Harnmenge in der Minute	Harn-stoff-procent	Rechter Ureter: Zeitdauer der Aufsammlung		Ganze Harnmenge	Harnmenge in der Minute	Harn-stoff-procent
1.	12^h 18′ — 2^h 4′	60′	3.842	0.064	.	12^h 15′ — 1^h 15′	60′	4.019	0.067	.
2.	1 18 — 2 4	46	8.984	0.195	.	1 16 — 2 0	44	8.966	0.204	.
3.	2 9 — 3 30	81	19.498	0.242	2.73	2 7 — 3 30	83	21.443	0.258	2.30
4.	3 34 — 4 33	60	16.394	0.273	.	3 34 — 4 35	61	Ureter geschlossen		
5.	4 35 — 4 55	30	4.694	0.235	2.76	4 35 — 4 55	20	21.458	1.073	2.79
6.	5 0 — 5 45	45	10.645	0.239	2.10	5 0 — 5 45	45	15.361	0.342	1.51
	Linke Niere = 45 Gr.					Rechte Niere = 44 Gr.				

Der Hund hatte kurz vorher eine grosse Menge Suppe genossen.

II. Versuch.

Beobachtungszahl	Linker Ureter: Zeitdauer der Aufsammlung		Ganze Harnmenge	Harnmenge in der Minute	Harnstoff-Procent	NaCl-Procent	Rechter Ureter: Zeitdauer der Aufsammlung		Ganze Harnmenge	Harnmenge in der Minute	Harnstoff-Procent	NaCl-Procent
1.	10^h 41′ — 12^h 32′	111′	7.276	0.065	4.20	0.64	10^h 41′ — 12^h 32′	111′	7.325	0.066	3.90	0.72
2.	12 32 — 1 55	83	1.671	Ausflussrohr durch ein Coagulum verstopft			12 32 — 1 55	83	8.789	0.106	3.41	0.32
3.	2 9 — 2 34	25	14.767	0.591	1.37	0.07	2 9 — 2 34	25	Ureter verstopft		.	.
4.	2 35 — 3 15	40	8.246	0.206	2.23	0.17	2 35 — 3 15	40	8.727	0.218	3.96	0.26
5.	4 2 — 4 35	33	7.635	0.231	2.66	0.18	.	.	.	.	.	.
6.	4 50 — 5 50	60		Ureter verstopft			4 50 — 5 50	60	16.140	0.269	2.47	0.29
7.	Inhalt des Ureters	.	6.132	.	3.39	0.18	Inhalt des Ureters	.	0.791	.	.	.

Linke Niere = 51.4 Gr. Rechte Niere = 36.6 Gr.

Im zweiten Zeittheil hatte der linke Ureter angefangen sehr leicht zu bluten, und ein kleines Coagulum verstopfte ihn dermassen, dass ausser den ersten Tropfen keine Aussonderung stattfand. Nachdem dieser Widerstand beseitigt war, floss der erst 14 Minuten nachher gesammelte Harn wieder ganz klar ab, aber in seiner Zusammensetzung noch sehr verändert. Sogleich nach dem Experimente wurde das Thier getödtet, die Nieren wurden vorsichtig herausgenommen, der Ureter entleert, sein Inhalt gewogen und titrirt (7).

III. Versuch.

Beobachtungszahl	Linker Ureter: Zeitdauer der Aufsammlung		Ganze Harnmenge	Harnmenge in der Minute	Harnstoff-Procent	NaCl Procent	Rechter Ureter: Zeitdauer der Aufsammlung		Ganze Harnmenge	Harnmenge in der Minute	Harnstoff-Procent	NaCl-Procent
1.	10^h 50′ — 11^h 20′	30′	6.063	0.202	3.05	1.07	10^h 50′ — 11^h 20′	30′	17.621	0.587	2.96	1.14
2.	11 21 — 11 35	14	16.987	1.213	3.00	1.01	11 21 — 11 35	14	12.316	0.879	2.70	1.14
3.	11 35 — 12 9	34	13.604	0.400	3.60	1.18	11 35 — 12 9	34	Excretion aufgehoben			
4.	. .	.	.	.	.	.	12 9 — 12 10	1	6.425	.	3.65	1.02
5.	12 10 — 12 47	37	11.893	0.321	4.25	1.11	12 10 — 12 47	37	11.058	0.326	4.74	0.98
6.	12 48 — 1 14	26	17.420	0.670	5.16	1.11	12 48 — 1 51 (6.–7.)	63	Excretion aufgehoben			
7.	1 14 — 1 50	36	8.409	0.233	6.04	0.95						
8.	. .	.	.	.	.	.	1 51 — 1 52	1	7.846	.	6.67	0.71
9.	1 52 — 2 15	23	6.165	0.268	6.98	0.58	1 52 — 2 15	23	20.202	0.878	3.33	0.23
10.	2 15 — 3 20	.	10.732	.	7.00	0.33	2 15 — (10.–11.)		Ureter verstopft			
11.	3 40 — 4 20	40	8.365	0.209	6.93	0.23						
	Inhalt des Ureters . . .						4^h 20′	.	13.893	.	3.39	0.17
	Linke Niere = 85.8 Gr.						Rechte Niere = 114.4 Gr.					

Um 3^h 10′ wurde auf der rechten, um 3^h 20′ auf der linken Seite bemerkt, dass die Canüle (hier waren kleine Glasröhren gewählt worden) nicht mehr in den Uretern befestigt waren, daher konnte links die Dauer nicht angegeben werden, rechts ist die Unterbrechung von 33^h 20′ zu rechnen.

IV. Versuch.

Beobachtungszahl	Linker Ureter: Zeitdauer der Aufsammlung		Ganze Harnmenge	Harnmenge in der Minute	Harnstoff-Procent	NaCl-Procent	Rechter Ureter: Zeitdauer der Aufsammlung		Ganze Harnmenge	Harnmenge in der Minute	Harnstoff-Procent	NaCl-Procent
1.	10h 11′—10h 55′	44′	15.518	0.353	2.66	1.61	10h 11′—10h 55′	44′	19.473	0.443	2.44	2.03
2.	10 55 — 11 43		Das Kölbchen wurde umgeworfen				10 55 — 12 45	110	Ureter verstopft			
3.	11 43 — 12 50	67	32.078	0.479	3.09	1.35	12 45 — 12 50	5	11.334	.	2.68	0.88
4.	12 50 — 1 29	39	11.321	0.290	3.12	1.21	12 50 — 1 29	39	17.390	0.446	2.40	1.02
5.	1 29 — 2 56	87	19.924	0.229	4.05	0.92	1 29 — 2 52	83	Ureter verstopft			
6.							2 52 — 2 56	4	11.053	—	2.64	0.54
7.	2 56 — 4 8	72	13.954	0.194	4.46	0.84	2 56 — 3 13	17	16.437	0.967	1.03	0.59
8.							3 13 — 3 50	37	17.573	0.475	2.04	0.82
9.	4 8 — 5 19	71	13.359	0.188	4.68	0.84	3 50 — 4 20	30	15.611	0.520	2.90	0.85
10.							4 20 — 5 19	59	21.207	0.369	3.08	0.96

Linke Niere = 35.2 Gr. — Rechte Niere = 36.1 Gr.

Es ist zu bemerken, dass die letzten 3 Hunde ungefähr 2 Stunden vor den Versuchen mit Fleisch gefüttert wurden; durch das bei der Operation erfolgte Erbrechen gaben sie den grössten Theil wieder von sich.

Aus diesen Beobachtungen sollen zuerst nur die Zahlen in Betracht genommen werden, welche sich auf den gleichzeitig von beiden Nieren entleerten Harn beziehen, bevor die Unterbindung vorgenommen war. Die geringe Anzahl derselben bringt die folgende Tabelle.

		Links					Rechts				
Angabe des Versuchs	Beobachtungs-Zeit	Harnmenge in 1 Minute	Ur.-Procent	Urmenge währ. der Beob.	NaCl-Procent	NaCl-absol. Menge	Harnmenge in 1 Minute	Ur.-Procent	Ur.-menge währ. der Beob.	NaCl. Procent	NaCl-absol. Menge
I. 3.	81′	0.242 gr.	2.73	0.532	.	.	0.258	2.30	0.481	.	.
II. 1.	111	0.065	4.20	0.305	0.64	0.047	0.066	3.90	0.287	0.72	0.053
III. 1.	30	0.202	3.05	0.185	1.07	0.065	0.587	2.96	0.521	1.14	0.200
2.	14	1.213	3.00	0.509	1.01	0.171	0.879	2.70	0.332	1.14	0.140
IV. 1.	44	0.353	2.66	0.413	1.61	0.249	0.443	2.44	0.475	2.03	0.395

In Worten ausgedrückt sagen diese Zahlen aus:

1. Die Absonderung ist in beiden Nieren nach Mengen und Zusammensetzung unabhängig von einander. Der III. Versuch zeigt ein Verhalten, dass sich später noch öfter wiederfindet; es liefert nämlich zuert die rechte und dann die linke Niere in der Zeiteinheit mehr Harn, Harnstoff und NaCl. Dieser Wechsel widerlegt die Annahme, dass die Ungleichheit auf einem Unterschied im Nierenbau beruhe.

2. Wenn die Absonderungsgeschwindigkeit des Gesammtharns in beiden Nieren sich so weit unterscheidet, dass die Abweichungen nicht mehr aus den Beobachtungsfehlern erklärt werden können, so überwiegt jedesmal der Harnstoff auf der Seite, auf welcher der meiste Harn (resp. Wasser) ausgeschieden wurde. Sind die Harnmengen in der Zeiteinheit gleich oder annähernd gleich, so ist dieses keineswegs mit der Harnstoffmenge der Fall; die Unterschiede sind jedoch nicht sehr beträchtlich.

3. Der mit grösserer Absonderungsgeschwindigkeit hervortretende Harn ist meist, aber nicht immer, ärmer an Harnstoffprocenten, als der langsamer abgeschiedene.

4. Die Niere, welche mehr Harn abscheidet, entleert am meisten Kochsalz.

5. In den meisten Fällen ist aber der reichlich gelassene Harn an Kochsalzprocenten nicht ärmer, sondern reichlicher als der spärlich entleerte.

Versucht man diese Folgerungen mit der Filtrations- und Anziehungshypothese zu vergleichen, so dürfte sich etwa sagen

lassen: Zu der Filtration passt es vollkommen, dass sich die Ausscheidung des Harns und des Harnstoffes gleichzeitig erhöhen und dass die Harnstoffprocente des Harns der Niere geringer sind, welche die meiste Flüssigkeit liefert. Um aber auch das entgegengesetzte Vorkommen aus der Filtrations-Hypothese zu erklären, könnte man statt irgend welcher verwickelteren Annahme einfach unterstellen, dass die Ungleichheiten der Harnabscheidung auf beiden Nieren nicht allein in einer verschieden starken Absonderungsgeschwindigkeit auf der Flächeneinheit begründet sei, sondern auch daher rühren könne, dass die Niere nicht zu allen Zeiten auf ihrer ganzen Fläche Harn abscheide. Stellt man sich vor, dass die Niere einer Seite überall mit geringer Geschwindigkeit absondert, während in der anderen ein Theil ruht, und ein anderer Theil rasch absondert, so wird der Harn in der ersteren länger verweilen und concentrirter werden als in der letzteren. Also kann trotz gleicher Beschaffenheit des Blutes in beiden Nieren doch der Harn auf der einen Seite weniger reichlich und zugleich harnstoffärmer fliessen als auf der andern.

Die Beobachtungen über den NaCl-Gehalt des Harns verlangen eigenthümliche Annahmen über die Ursachen seines Rückganges in das Blut. Setzt man, wie es wohl erlaubt ist, voraus, dass im Allgemeinen der Harn um so länger in der Niere verweilt, je weniger desselben in der Zeiteinheit aus den Papillen hervorkommt, so würden die mitgetheilten Erfahrungen schliessen lassen, dass nach einer kurzen Aufenthaltsdauer des Harns in den Nieren der NaCl-Gehalt zunimmt und mit einer noch weiter fortgesetzten wieder abnimmt. Da, wie wir später darthun werden, das Kochsalz auch dann noch in das Blut zurücktritt, wenn selbst der Gehalt des Harns an demselben geringer ist als der des Blutes, so kann die Ursache seiner Zurückwanderung nicht in der gewöhnlichen Diffusion liegen.

Folgt man der Anziehungs-Hypothese, so muss man nachstehende Deutung der Ursachen eintreten lassen. Entweder man gibt den Zellen beider Nieren ein ungleich starkes und ein mit der Zeit sehr veränderliches Anziehungsvermögen. Dann kann man bei beliebiger Verwendung über dasselbe alles erklären. Oder man setzt das Anziehungsvermögen in beiden Nieren gleich, dann würden die obigen Thatsachen über Harnstoffabsonderung verlangen: Die Zellen beider Nieren ziehen aus dem gleichen Blute gleich viel Harnstoff an, von dem in ihnen aufgehäuften Vorrath wird in der Zeiteinheit um so mehr ausgewaschen, je mehr Wasser durch die Canäl-

chen geht, weil sich dann der Unterschied zwischen der Sättigung des Harnwassers und derjenigen der Nierenzellen vergrössert, und andererseits wird das Harnwasser relativ mit Harnstoff sich um so mehr sättigen, d. h. einen um so grösseren Procentgehalt an Harnstoff gewinnen, je länger dasselbe in den Canälchen verweilt. In jedem Falle verlangen die Thatsachen ausserdem die Annahme, dass das Harnwasser eine grössere Verwandtschaft zum Harnstoff habe, als sie die Zellen besitzen, weil das Wasser ihn den Zellen entreisst. Woher erhält die Flüssigkeit, die sich soeben aus dem Blute vom Harnstoff trennte, diese neue Eigenschaft in den Canälchen?

Ein Theil meiner Versuche lässt noch eine andere Betrachtung zu. Man kann die Beobachtungen, welche in zeitlicher Folge an einer Niere mit ungestörter Absonderung gewonnen sind, in eine Reihe zusammenstellen und aus den in den einzelnen ungleich langen Zeiten gewonnenen mittleren Absonderungsgeschwindigkeiten des Harns, Harnstoffes, Kochsalzes und aus dem mittleren Procentgehalt berechnen, wie viel während jeder Beobachtung abgeschieden wäre, wenn sie sämmtlich gleich lange gedauert hätten. Solche Tabellen sind berechnet für die linke Niere des III. und IV. Versuches.

III. Versuch.

Linke Niere für 14′ berechnet.

Harnmenge	Harnstoff-Procent	Harnstoff absolute Menge	NaCl-Procent	NaCl-absolute Menge
2.829	3.05	0.086	1.07	0.030
16.987	3.00	0.508	1.01	0.171
5.600	3.60	0.201	1.18	0 066
4.527	4.25	0.192	1.11	0.050
9.380	5.16	0.484	1.11	0.104
3.270	6.04	0.197	0.95	0.031
3.752	6.98	0.261	0.58	0.021
2.928	6.93	0.204	0.23	0.006

IV. Versuch.

Linke Niere für 39′ berechnet.

Harnmenge	Harnstoff-Procent	Harnstoff absolute Menge	NaCl-Procent	NaCl-absolute Menge
13.754	2.66	0.365	1.61	0.221
18.672	3.09	0.576	1.35	0.252
11.321	3.12	0.353	1.21	0.136
8.932	4.05	0.361	0.92	0.082
7.558	4.46	0.337	0.84	0.068
7.338	4.68	0.343	0.84	0.061

Aus diesen Beobachtungen ging das natürlich nur für die besonderen Fälle giltige Resultat hervor, dass der Procentgehalt des Harnes an Harnstoff mit der wachsenden Zeit im fortwährenden Steigen begriffen war, selbst wenn die Harnmenge von einem zum andern Versuch um das Doppelte gewachsen war; daraus folgte, dass wenn in zwei durch ein grösseres Zeitintervall getrennten Absonderungsperioden gleich viel Harn abgeschieden war, der zuletzt aufgefangene mehr Harnstoff enthielt als der zuerst gewonnene. Wenn dagegen in dem ersteren Zeitraume viel mehr Harn als im letzteren entleert war, so enthielt der erste mehr Harnstoff. Merkwürdig ist ferner, dass mit Ausnahme einiger wohl noch in die Fehlergrenzen fallenden Beobachtungen der NaCl-Gehalt abnimmt, wenn die Harnstoffprocente zunehmen.

Ich verlasse diese Betrachtungen mit der Bemerkung, dass hier nur Bruchstücke gegeben sind, die erst durch weitere Verfolgung werthvoll werden können. Ich gehe nun zu den Beobachtungen über, welche sich an der Niere mit zugebundenem Ureter gewinnen liessen. Nach Beginn der Versuche stellte sich alsbald heraus, dass dieselben von einem viel weiter greifenden Belang sind als sich erwarten liess.

Wenn der Ureter unterbunden ist und die Absonderung des Harnes im Gange bleibt, so dass sich derselbe im Harnleiter anhäuft, so veränderte sich sehr bald die Niere selbst. Diese Aenderung zeigt sich dadurch, dass die Nieren anschwellen, d. h. an Gewicht und Volum zunehmen, dass sie im Innern blässer, auf der Oberfläche dagegen öfter an einigen Stellen tief roth gefärbt sind, dass die aus der Kapsel durch die Nieren zurückgehenden Venen anschwellen, und dass sich endlich ein mächtiges Oedem in der Capsula adiposa einfindet.

Die Umfangszunahme, welche die Niere erfährt, scheint bedingt zu sein durch die Anfüllung der Canälchen mit Flüssigkeit: hierfür spricht, dass durch einen gelinden auf die Nierenoberfläche wirkenden Druck aus den Papillen Flüssigkeit ausgepresst werden kann; setzt man den Druck einige Zeit hindurch fort, so kann die geschwellte, die entgegengesetzte an Gewicht übertreffende Niere auf das Gewicht der letztern zurück gebracht werden. Dasselbe scheint sich auch am lebenden Thiere zu ereignen; hat man nämlich den Ureter so lange unterbunden bis ein Harn austritt, wie er nur bei Nierenanschwellung vorkommt, und lässt man dann den Ureter nur einige Zeit offen, so findet man nach der Tödtung des Thieres beide Nieren ebenfalls wieder gleich schwer. Die

mikroskopische Untersuchung weist ebenfalls nichts nach, was auf eine andere Deutung führen könnte; die Kapseln der Glomeruli sind sehr gross, die Gefässmaschen liegen sehr frei in ihnen, und der Uebergang der Kapseln in die Gänge ist ungewöhnlich deutlich sichtbar. Um einen Begriff von der Grösse der Schwellung zu geben, verweisen wir auf die der Tabelle 1 und 5 angehängten Zahlen, welche beide Nierengewichte vergleichen.

Mit ähnlichem Resultate sind nun mindestens zehn Wägungen ausgeführt worden. Wir unterlassen es dieselben mitzutheilen, weil das Gewicht der geschwellten Niere durch blosses Umwenden, ja schon beim blossen Liegenbleiben im geschlossenen Raume sich änderte wegen des Auslaufens von Flüssigkeit. Die Niere wurde gewogen, nachdem sie vorsichtig aus der Fettkapsel herausgenommen, der Ureter und die Gefässe am Eintritt in den Hilus genau abgeschnitten, und die letzten Tropfen Harn aus den Becken entfernt waren.

Die Spannung, unter welcher die Flüssigkeit im Ureter und also auch in den Harncanälchen stand, wurde in einem Falle, bei welchem die Unterbindung einige Stunden bestanden hatte, = 40 Mm. Hg. gefunden; das eingesetzte Manometer hatte ein enges Lumen und war ohne den Verlust auch nur eines Tropfens Flüssigkeit in den Ureter gebracht worden.

Ueber den Harnstoff- und NaCl-Gehalt des im Ureter stagnirenden und des unmittelbar nach Aufhebung des Ureter-Verschlusses abgesonderten Harnes gebe ich aus den zuerst mitgetheilten Versuchen die folgende Zusammenstellung.

Nr. des Versuchs	Linker Ureter						Rechter Ureter						Bemerkungen
	Beob-Zeit in Min.	Harnmenge in 1 Minute	Harnstoff-		NaCl-		Beob.-Zeit in Min.	Harnmenge in 1 Minute	Harnstoff-		NaCl-		
			Menge in der Beob.-Zeit	Procent	Menge in der ganzen Zeit	Procent			Menge in der ganzen Zeit	Procent	Gesammtmenge	Procent	
I.	20	0.235 gr.	0.129 gr.	2.76	—	—	20	1.073 gr.	0.169 gr.	0.79	—	—	Recht. Ur. vorher 60′ verstopft.
	45	0.239	0.223	2.10	—	—	45	0.342	0.232	1.51	—	—	Vor d. Beob. d. l. Ur. 80′, während
II.	25	0.591	0.202	1.37	0.010 gr.	0.07	—	—	—	—	—	—	d. Beob. d. r. Ur. verst.
	40	0.206	0.184	2.23	0.014	0.17	40	0.218	0.346	3.96	0.023 gr.	0.26	R. Ur. vorher 25′ verstopft.
	—	—	0.214	3.49	0.011	0.18	—	—	—	—	—	—	Der l. Ur. war 60′ zugebunden, die
													Zahlen betreffen d. Inh. des Ur.,
													welcher = 6.13 gr. betr.
III.	—	—	—	—	—	—	1	—	0.234	3.65	0.065	1.02	Inhalt des r. Ur., der vorher ver-
	37	0.321	0.505	4.25	0.130	1.11	37	0.326	0.571	4.74	0.107	0.89	stopft war; er betr. = 6.43 gr.
	—	—	—	—	—	—	1	—	0.523	6.67	0.056	0.71	Inhalt des r. Ur., der vorher 63′
	23	0.268	0.430	6.98	0.036	0.58	23	0.878	0.672	3.33	0.046	0.23	verst. war; er betr. = 7.85 gr.
	40	0.209	0.580	6.93	0.019	0.23	—	—	0.471	3.39	0.023	0.17	Inh. d. r. Ur., nachd. er unmittelbar
													n. d. vor. Beob. mit einer Unterbr.
													v. unbek. Dauer, sicher aber 60′
													anh. verst. war; er betr. = 13.89 gr.
IV.	—	—	—	—	—	—	5	—	0.303	2.68	0.099	0.88	Der r. Ureter war vorher 110′ ver-
	39	0.290	0.333	3.12	0.137	1.21	39	0.446	0.417	2.40	0.177	1.02	stopft.
	87	0.229	0.807	4.05	0.183	0.92	—	—	0.292	2.64	0.060	0.54	Inhalt des r. Ur., nachdem er 83′
							17	0.967	0.169	1.03	0.097	0.59	verstopft; er betrug = 11.05.
	72	0.194	0.622	4.46	0.121	0.84	37	0.475	0.358	3.04	0.144	0.82	
	71	0.188	0.623	4.68	0.112	0.84	30	0.520	0.452	2.90	0.133	0.85	
							59	0.359	0.653	3.08	0.203	0.96	
	143	0.191	1.245	4.57	0.233	0.84	143	0.495	1.632	2.30	0.577	0.81	Mittel aus d. gleichzeitig während 143′ abgesonderten Harnmengen.

Aus der Tabelle geht hervor, dass der Harn, welcher während der Unterbindungszeit in dem Ureter aufgehäuft war, in 100 Theilen mehr Harnstoff und weniger NaCl-Gehalt enthielt, als der unmittelbar vor der Unterbindung auf derselben Seite entleerte, aber die Gesammtmenge des Harnstoffs betrug viel weniger, als während der Unterbindungszeit die entgegengesetzte Niere absonderte.

1. Der Harn, welcher nach der Entleerung des Ureters aus der Niere abfliesst, wird ausnahmslos zunächst mit grösserer Geschwindigkeit abgeschieden, die Harnstoffprocente sind sehr beträchtlich gesunken, sowohl im Vergleich mit dem Ureterharn, wie auch mit dem gleichzeitig auf der entgegengesetzten Seite gebildeten.

2. Vergleicht man dagegen die Gesammtmenge des Harnstoffes, welche zu gleichen Zeiten aus beiden Nieren hervorgehen, so ergibt sich, dass auf der Seite, auf welcher der Ureter längere Zeit geschlossen war, viel mehr Harnstoff ausgeschieden wird, als auf der stets offen gebliebenen Niere. Dasselbe Verhalten gilt für das NaCl.

3. Die Absonderungsgeschwindigkeit, die kurze Zeit nach Eröffnung des geschlossenen Ureters sehr beträchtlich gewesen war, nimmt bald ab, und damit steigen Harnstoff- und NaCl-Procente, während die absolute Menge der beiden in der Zeiteinheit gelieferten Stoffe abnimmt.

Da die beträchtliche Zunahme der abgesonderten Harnstoffmenge auf verschiedene Art und namentlich auch so erklärt werden konnte, dass sich während der Unterbindungszeit viel Harnstoff in der Niere angehäuft hatte, der nach der Eröffnung desselben durch einen raschen Wasserstrom ausgespült wurde, so schien es gerathen zu versuchen, ob nicht aus der Niere, welche längere Zeit unterbunden gewesen war, eine grössere Menge von Harnstoff dargestellt werden konnte, als aus der entgegengesetzten, aus welcher der Harn am Austritte niemals gehindert war.

Um dieses zu entscheiden, wurden die beiden Nieren eines eben getödteten Thieres herausgenommen, von dem die eine mehrere Stunden, die andere gar nicht unterbunden gewesen. Die Nieren wurden, nachdem die Kapsel abgezogen, im Porzellanmörser zerrieben, mit Wasser ausgezogen und scharf ausgepresst, darauf wurde die ausgeschiedene Flüssigkeit gekocht, colirt, das Durchgegangene auf dem Wasserbade eingedampft, der Rückstand von neuem mit Wasser ausgezogen und das nun klare Filtrat nochmals verdampft. Das Zurückbleibende

wurde mit kochendem Alkohol erschöpft und das Ganze zur Krystallisation hingestellt.

Hier kam das auffallende Ergebniss zum Vorschein, dass aus dem Auszug der unterbundenen Niere äusserst wenig, ja in einigen Fällen gar kein Harnstoff krystallisirte, während der Auszug der andern Niere diesen Körper in merklicher Menge enthielt. Dagegen erschienen im Auszug der unterbundenen Niere eine deutliche Menge von Krystallen, die denen des Kreatins geradezu gleich gestaltet waren.

Diese Erfahrung gab alsbald meinen Beobachtungen eine andere Richtung; sie bestimmte mich nämlich nachzusehen, ob der Harn, welcher aus der vorher unterbundenen Niere entleert wurde, ebenfalls Kreatin enthielt. Als nun ein Vorversuch dargethan, dass der Harn, welcher nach Entleerung des unterbundenen Ureters von der Niere ausgeschieden wurde, ebenfalls die im Nieren-Extract aufgefundenen Krystalle enthielt, verfuhr ich zur Darstellung derselben folgendermassen:

Nachdem der Ureter zwei Stunden unterbunden gewesen, wurde er eröffnet, sein Inhalt entleert und dann die Flüssigkeit gesammelt, welche in den folgenden 10—15 Minuten ausfloss, dann wurde der Ureter wieder geschlossen und nach Verfluss einer Stunde wiederholt auf dieselbe Weise verfahren, mit dem Unterschiede jedoch, dass nun auch der Inhalt des Ureters gesammelt und zur Kreatin-Darstellung benutzt wurde. Die vereinigten Flüssigkeiten wurden eingedampft und der Rückstand mit kochendem Alkohol erschöpft, das Filtrat eingeengt und zur Krystallisation hingestellt. Nachdem ein grosser Theil des Alkohols verdunstet war, schieden sich Krystalle ab, welche mit kaltem Alkohol gewaschen und aus Wasser wiederholt umkrystallisirt wurden *).

Auf diese Weise konnte aus dem Harn von fünf Hunden, deren jeder einen Tag lang benutzt wurde, genügendes Material zur sicheren chemischen Bestimmung erhalten werden. Um bei der Kostbarkeit des Stoffes ganz sicher zu gehen. ersuchte ich Herrn Professor Redtenbacher, mir bei der chemischen Untersuchung insbesondere dadurch behülflich zu sein, dass er mir aus seiner reichen Präparaten-Sammlung die hier möglicherweise in Frage kommenden Körper zur Vergleichung übergab. Bei der letzteren, an welcher Herr Prof. Redten-

*) Dieses Verfahren lieferte jedoch in einzelnen Fällen das Kreatin nicht rein, weil der Harn einen schmierigen Körper enthielt, der ganz dieselben Löslichkeitsverhältnisse wie das Kreatin besass, und durch Umkrystallisiren von ihm nicht getrennt werden konnte.

bacher Theil zu nehmen die Güte hatte, wurde gefunden, dass die Krystalle genau die Form, ähnliche Löslichkeitsverhältnisse und neutrale Reaction wie das Kreatin besassen; ferner, dass aus dem im Harn enthaltenen Körper durch Kochen mit Salzsäure Kreatin gebildet wurde, das mit Chlorzink die bekannte charakteristisch geformte Verbindung gab. Neben dieser Uebereinstimmung zwischen Kreatin und dem Stoff des Harns fand sich jedoch die Abweichung, dass die Krystalle aus dem Harn bei 100^0 C. nicht verwitterten. Ob diese letztere Eigenthümlichkeit des mehrfach umkrystallisirten Harn-Kreatins von einer hartnäckig anhängenden Verunreinigung oder wodurch sie sonst bedingt war, mussten wir unentschieden lassen.

Um nun die Umstände kennen zu lernen, unter denen das Kreatin im Verhältniss zum Harnstoff mehr oder weniger reichlich auftrat, musste ich aus Mangel an scharfen Trennungsarten so verfahren, dass ich das warme alkoholische Harnextract im geschützten Raum auf einem Uhrglas zur Krystallisation hinstellte, und aus der relativen Menge der Krystalle von Harnstoff und Kreatin auf ein Ueberwiegen des einen oder andern Körpers schloss.

Auf diese Weise, bei der nur sehr auffallende Unterschiede berücksichtigt werden konnten, erhielt ich folgende Resultate:

Bei zwei Hunden war der Ureter zwei Stunden lang unterbunden gewesen, die erste Portion Harn, welche nach der Eröffnung (also als Ureterinhalt) erhalten wurde, enthielt viel Harnstoff und wenig Kreatin, die zweite viel Kreatin und nur Spuren von Harnstoff. In der dritten und vierten nahm das Kreatin ab und der Harnstoff so zu, dass eine Stunde nach Eröffnung des Ureters nur noch Harnstoff in der entleerten Flüssigkeit enthalten war.

In zwei anderen Versuchen blieb der Ureter 24 Stunden lang unterbunden *). Hier enthielt die erste Portion der entleerten (vollkommen klaren) Flüssigkeit sehr viel Kreatin und nur Spuren ven Harnstoff. Von da an wuchs die Menge des Harnstoffes und es nahm die des Kreatins ab, so dass zwei Stunden nach Aufhebung des Verschlusses nur noch Harnstoff ausgeschieden wurde. In einem weiteren Versuch blieb die

*) Es verdient erwähnt zu werden, dass sich nach einer 24 Stunden lang und länger bestandenen Unterbindung zuweilen Eiter in dem Inhalt des Ureters findet. Hierbei kann die Anwesenheit des Kreatins noch bestehen, die Resultate dieser Versuche sind aber hier nicht aufgenommen.

Unterbindungsschnur dreimal 24 Stunden liegen, die erste und zweite Portion enthielt wenig Harnstoff und kein Kreatin, die dritte und vierte Portion keines von beiden, die fünfte, welche vier Stunden nach Eröffnung des Ureters ausfloss, enthielt wieder viel Harnstoff.

In einem letzten Versuche endlich gelang es, die Unterbindung viermal 24 Stunden zu erhalten. Der kaum getrübte Harn, welcher hier ausfloss, enthielt weder Harnstoff noch Kreatin, sondern geringe Mengen einer krystallisirten Masse, die unter dem Mikroskope dem Leucin am ähnlichsten sah.

An diese Versuche reihte sich noch ein anderer beim Pferd, um zu sehen, ob die Kreatinabsonderung unter diesen Umständen auch den Herbivoren eigen sei. Bei einem gesunden Thiere, welches der Director des k. k. Thierarznei-Instituts, Herr Professor Röll, mir gütigst zur Verfügung stellte, wurde genau wie beim Hund verfahren, mit der einzigen Ausnahme, dass der Ureter ohne Eröffnung des Bauchfells herausgezogen wurde; es stellten sich genau, so weit die Untersuchung den Vergleich zuliess, dieselben Erscheinungen wie beim Hunde ein. Der wiederholt im Verlaufe von 24 Stunden aufgesammelte Harn enthielt relativ reichliche Mengen von Kreatin, die jedoch nicht rein dargestellt werden konnten, weil ein schmieriger brauner Körper demselben sehr innig anhaftete. Der Harn, welcher 24 Stunden nach Unterbindung des Ureters entleert wurde, enthielt sehr viel Schleim.

Diese Beobachtungen schienen zu beweisen, dass sich eine Zellenanziehung nicht betheiligt an der Ausscheidung des Harns aus dem Blute, denn in den Nieren, welche zugebunden waren, hatte sich trotz der, nach Eröffnung des Ureters gesteigerten Harnstoffabscheidung doch keine auch nur im entferntesten entsprechende Menge von Harnstoff angesammelt.

Das Kreatin, welches ich aus dem Harn gewonnen, war aus den Papillen offenbar als solches und nicht als Kreatinin hervorgegangen, weil die befolgte Darstellungsweise keine Umwandlung des Kreatinins in Kreatin voraussetzen lässt. Da nach einer Beobachtung von Liebig*) das Kreatin im normalen Hundeharn vorkommt, so könnte man voraussetzen, dass die von mir erhaltene Menge darum so bedeutend gewesen sei, weil es sich in der zugebundenen Niere wegen des stockenden Ausflusses angehäuft hatte, dagegen spricht aber der Umstand, dass in gleich viel und während gleich langer Zeit

*) Dess. Ann. 1859. Ueber Kreatinin im Harn der Herbivoren siehe Socoloff. Liebig's Annalen Bd. 7, p. 243.

abgesondertem Harn der anderseittgen normal beschaffenen Niere keine auch nur entfernte ähnliche Menge von Kreatin vorkommt.

Die Fragen*), ob das Kreatin aus dem Blute abgeschieden oder ob es in der Niere gebildet ist, und ferner, ob das Kreatin zur Harnstoffbildung in einer Beziehung steht u. s. w. müssen durch spätere Untersuchungen erledigt werden.

---

*) Ueber die Folge der Ureterunterbindung bei der Gans berichtet Burmann. Die Harnsäure verschwand aus den Gängen. Virchow's Archiv. XI. Bd.

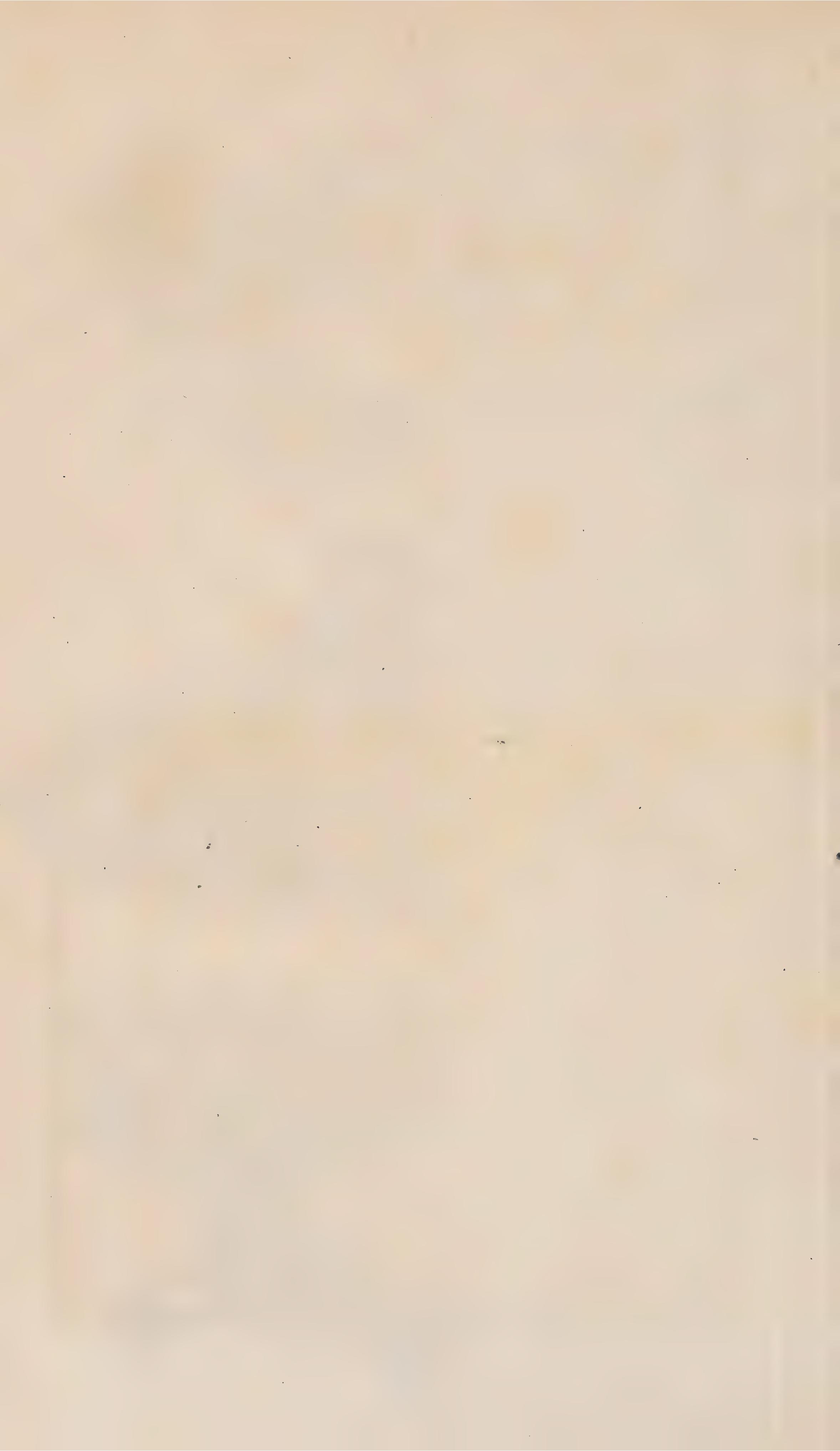
Berichtigung:

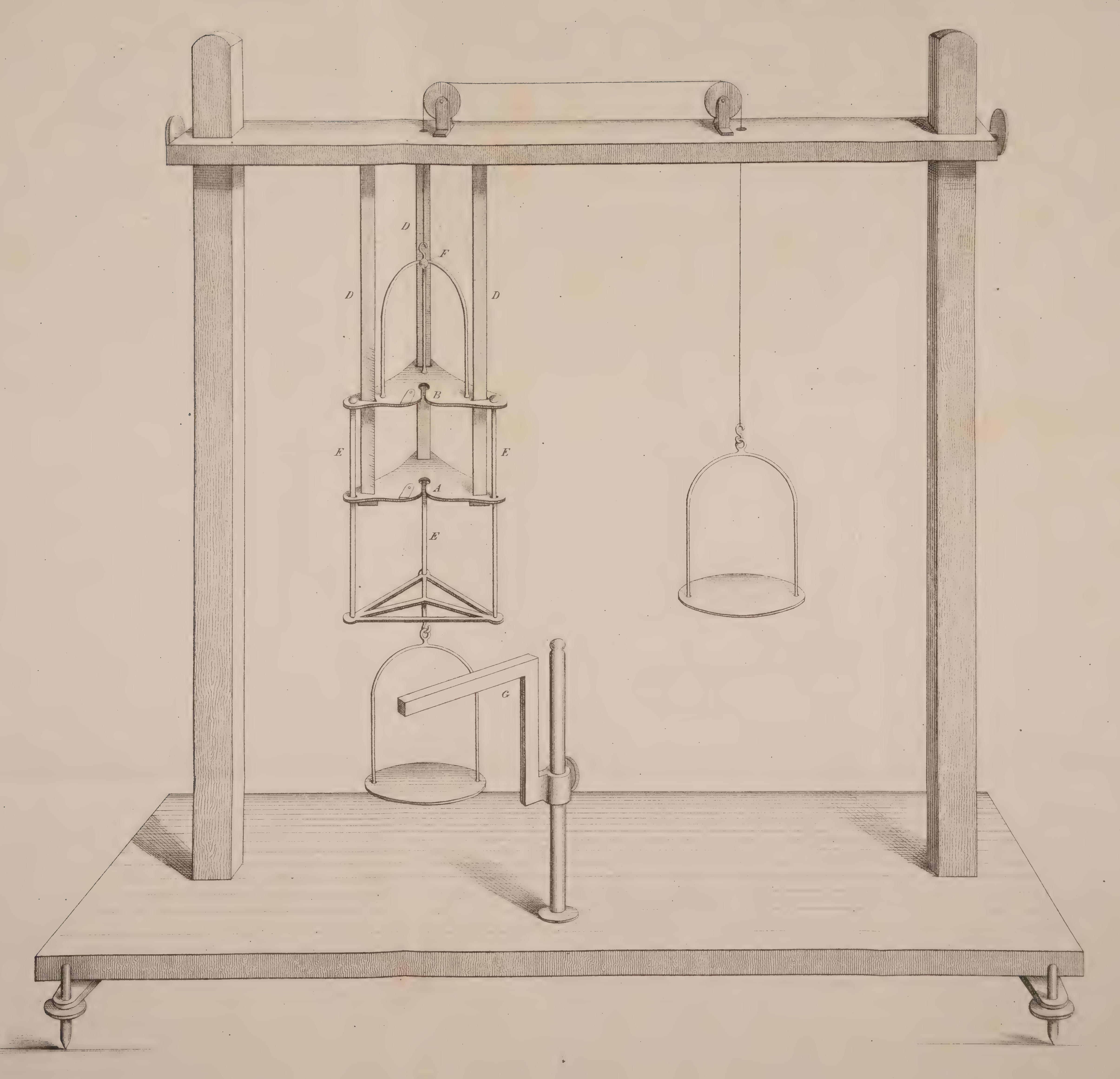
Seite 308 und Seite IV muss es heissen Herrmann statt Hermann.



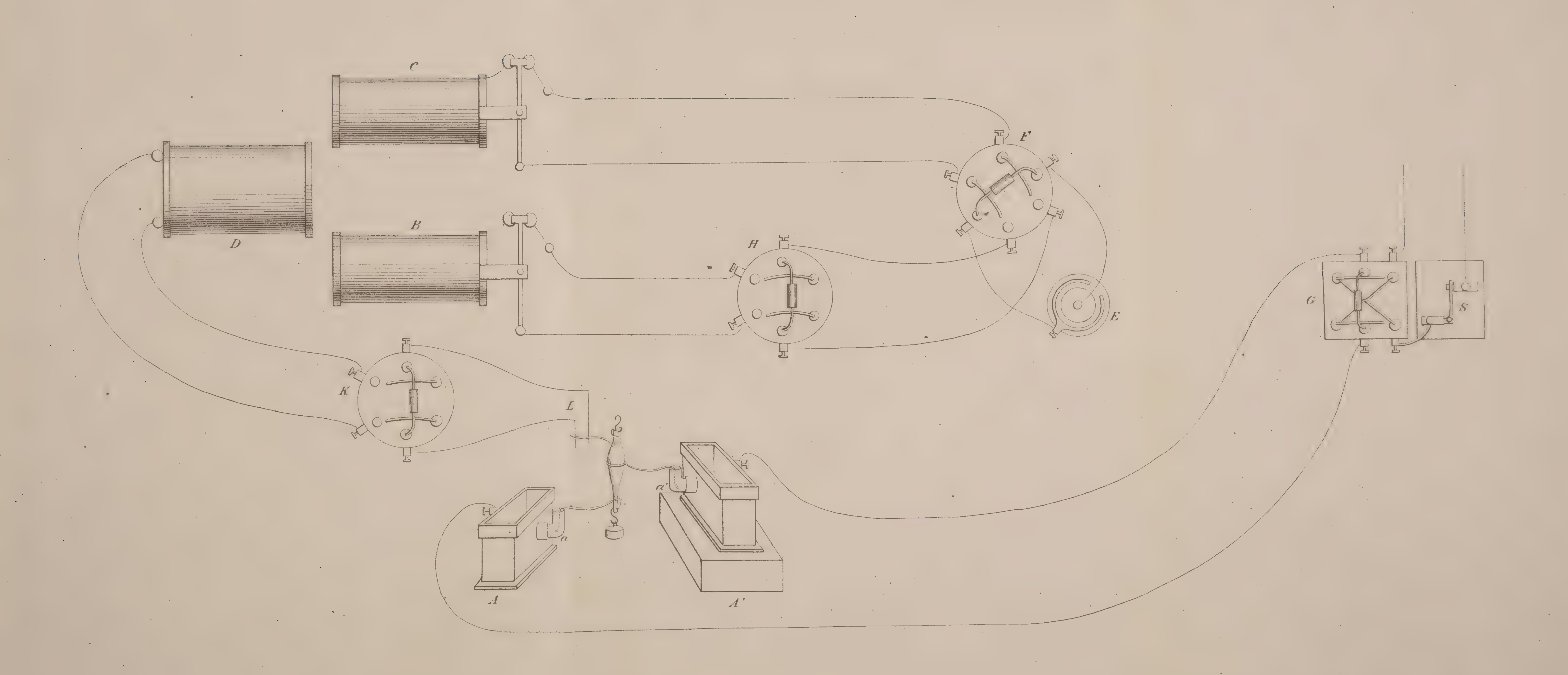
Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.


1.
a
c
e
f
d
b
2.
a
f
b
e
c
d
3.
a
c
d
e
b
f




D
F
D
D
B
E
E
A
E
G



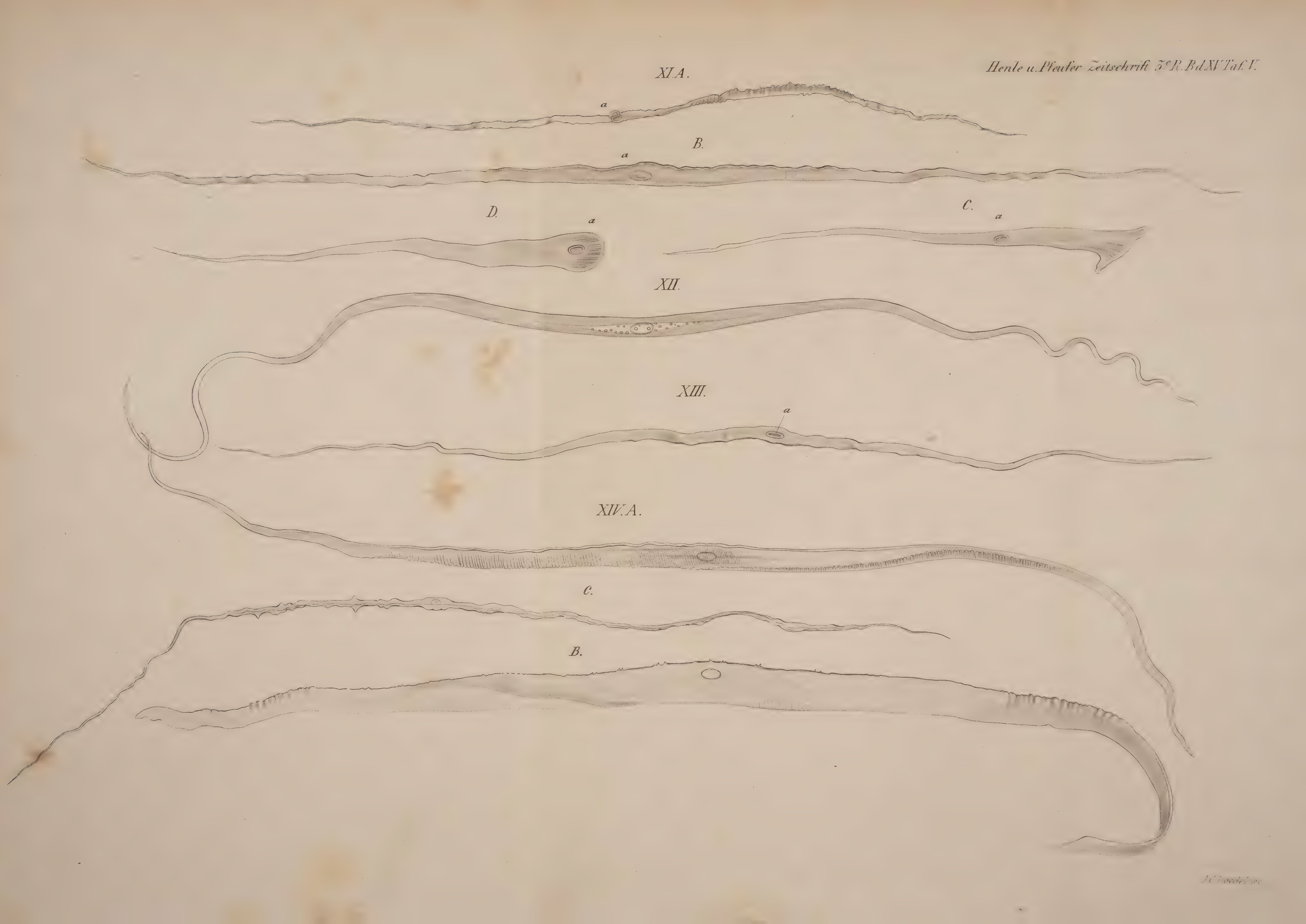


C
F
D
B
H
E
G
S
K
L
a
a
A
A'




I.
II.
III.
IV.
V.
VI.
VII.
VIII.
IX.
X.




XI.A.
a
B.
a
D.
a
C.
a
XII.
XIII.
a
XIV.A.
C.
B.



XV. A. a b c

B. a b a c e

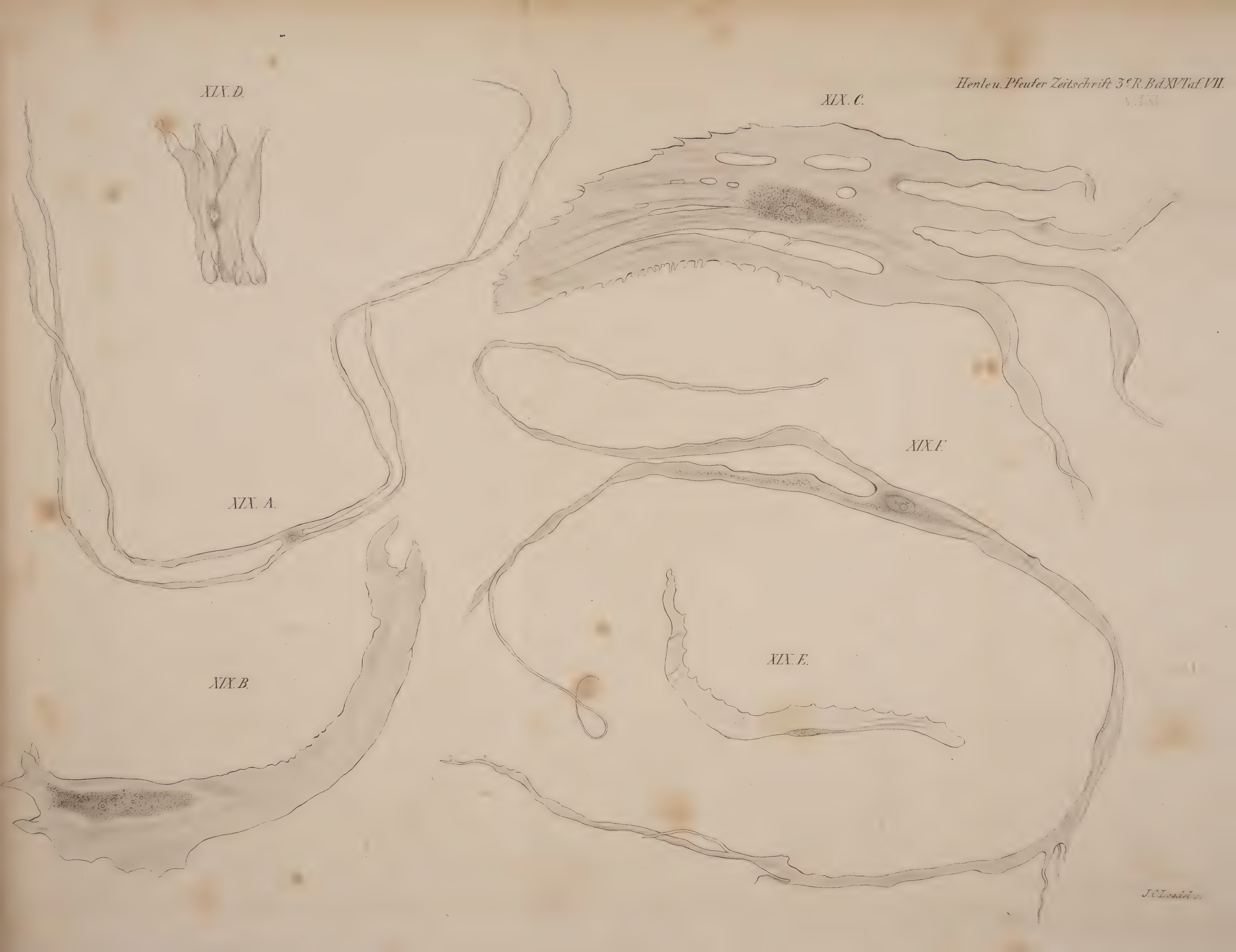
C. d b c

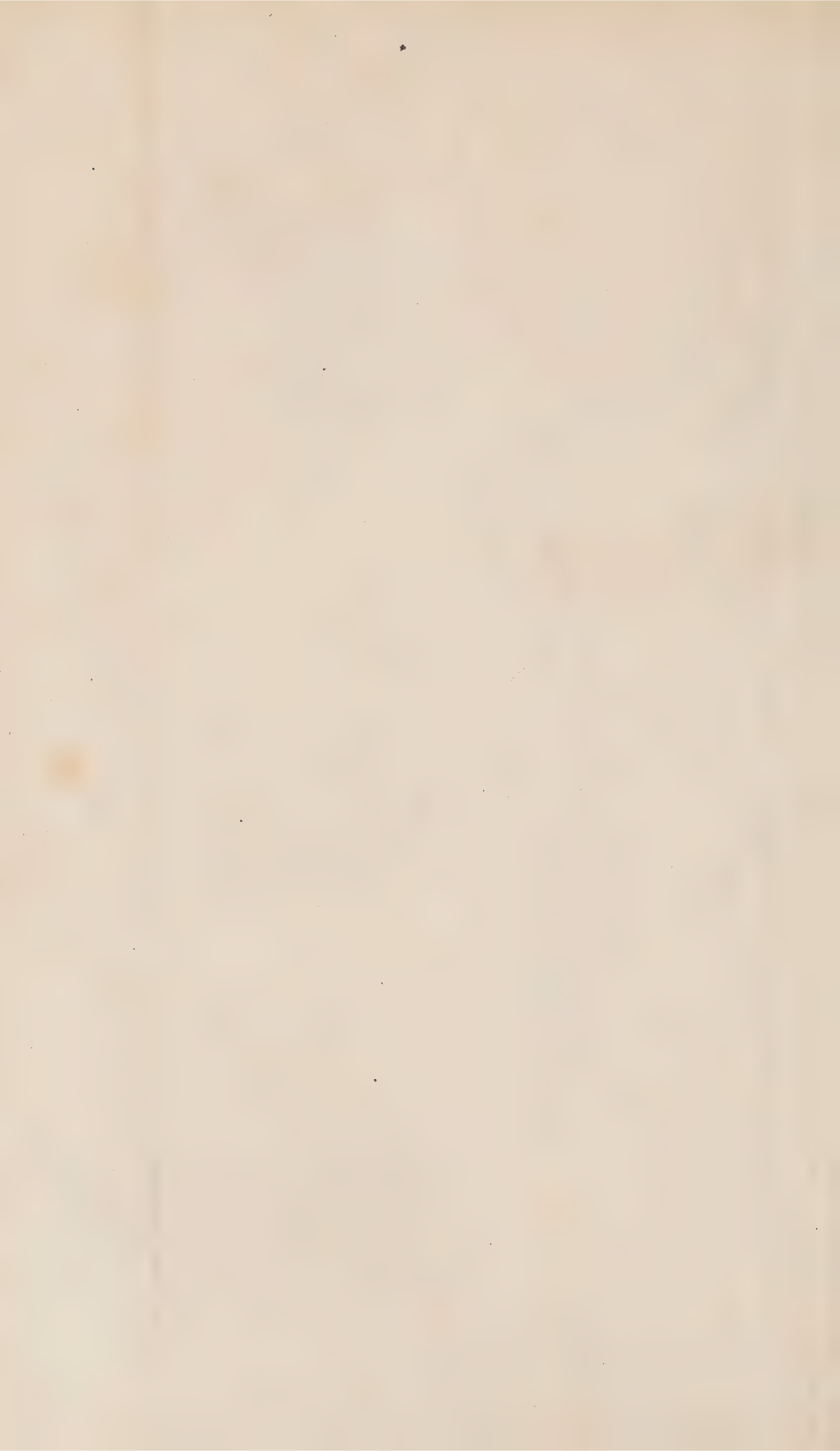
D.

XVI. a

XVII. A. B.

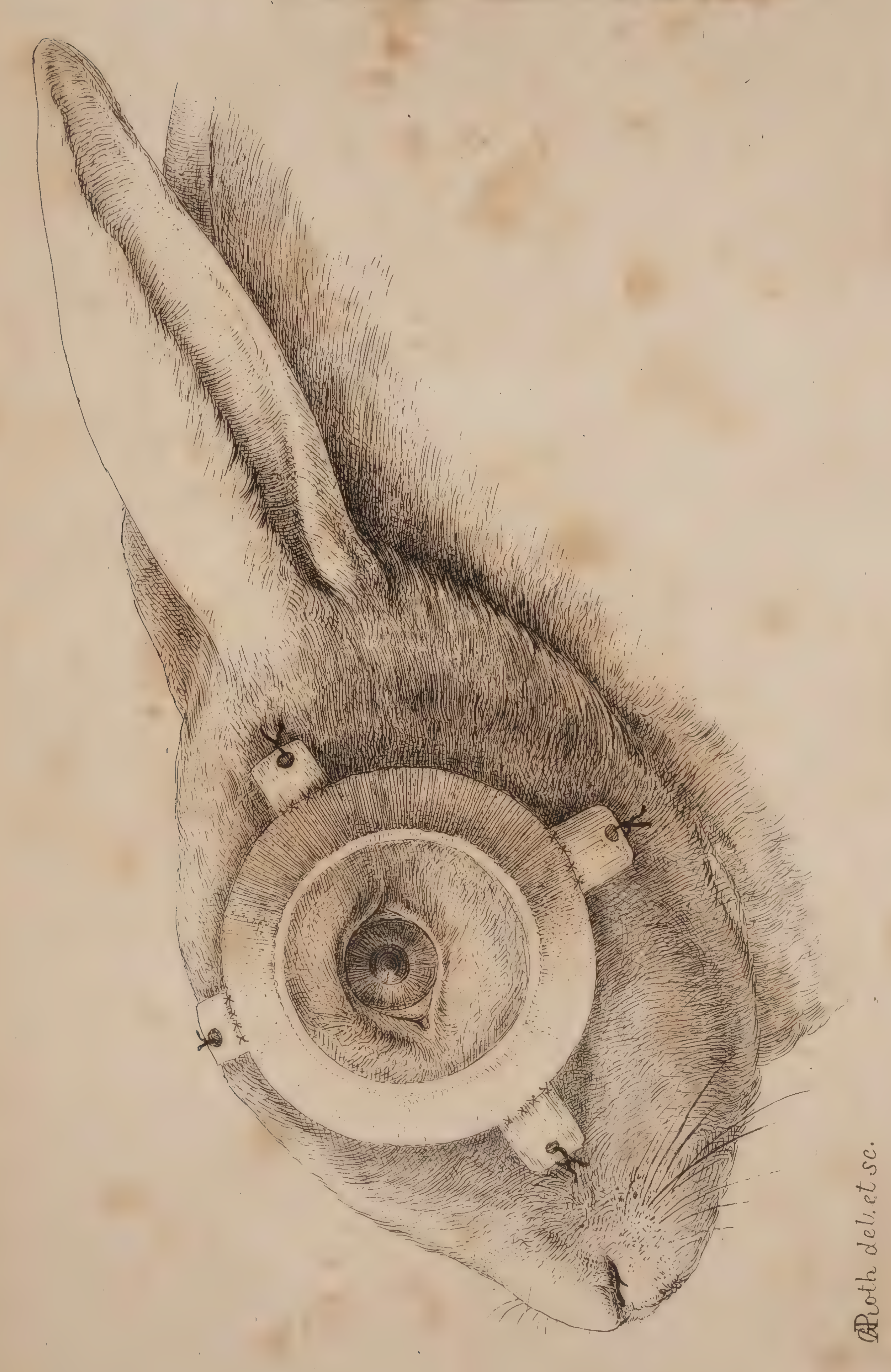
XVIII.


XIX. D.
XIX. C.
XIX. A.
XIX. F.
XIX. B.
XIX. E.
J. C. Loedel sc.








ARoth del. et sc.





